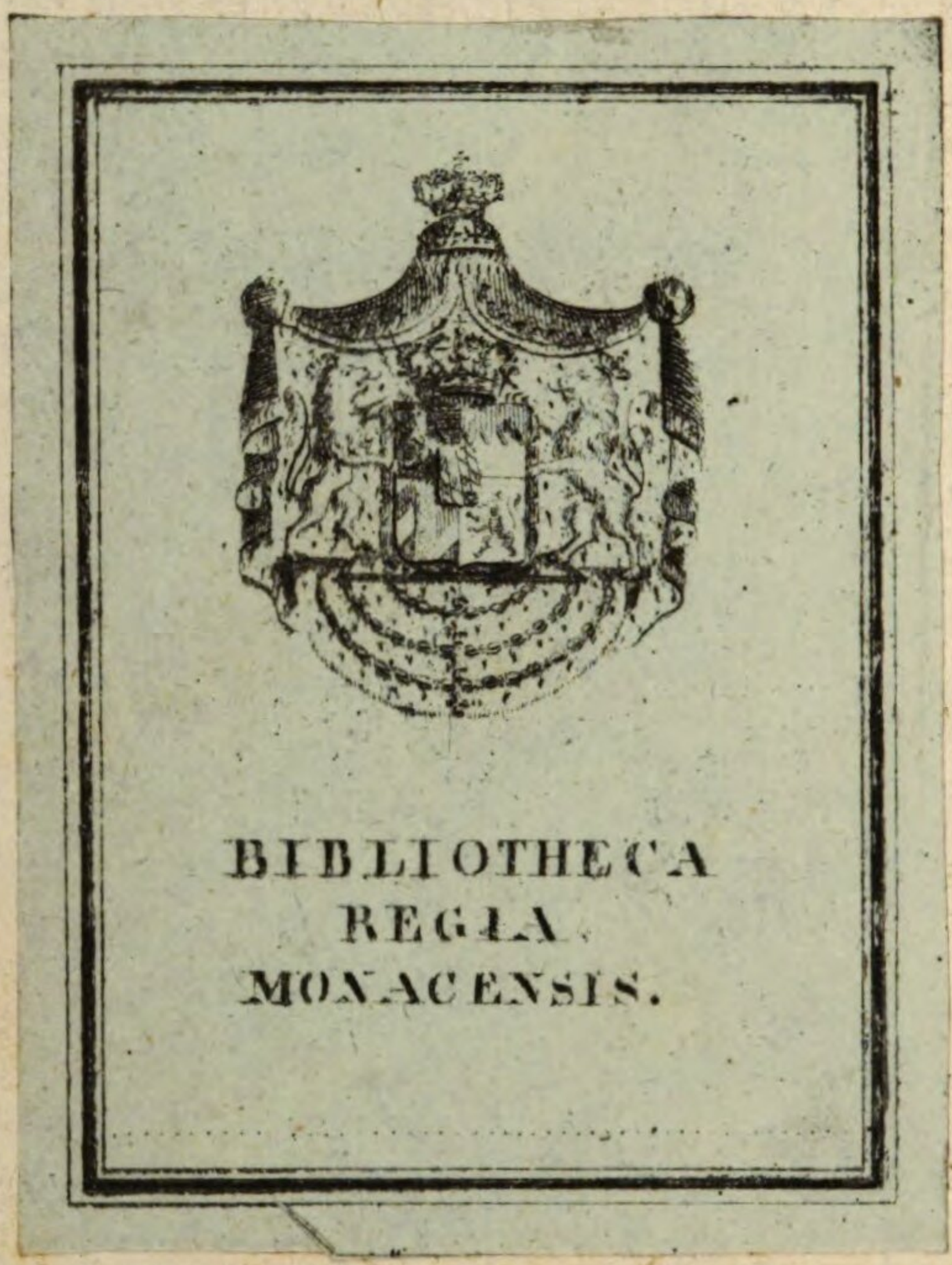
Astr. U.
139 m - 1



BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

<366358771700 15

<366358771700 15

Bayer. Staatsbibliothek

Handbuch
der
populären Astronomie
für
die gebildeten Stände,
insbesondere
für denkende, wenn auch der Mathematik nur wenig oder gar nicht kundige Leser.

Von

J. A. L. Richter,
Rector an der Herzogl. Hauptschule zu Dessau.

Erster Theil.

Mit 4 Tafeln Abbildungen und 3 Tabellen.

Quedlinburg und Leipzig.
Verlag von Gottfr. Basse.
1831.

198
Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Ihro

Königlichen Hoheit

der

Durchlauchtigsten Herzoginn von Anhalt,

Frau

Friederike Louise Wilhelmine Amalie,

seiner

gnädigsten Fürstinn,

widmet

diese Schrift

als

ein Zeichen seiner tiefsten Verehrung und Dankbarkeit

mit

dem ehrfurchtsvollsten Respekt

der Verfasser.

Durchlauchtigste Herzoginn,
Gnädigste Fürstinn und Frau!

Dem erhabenen Geiste Ew. Königlichen Hoheit kann auch die Wissenschaft des Himmels nicht fremd sein. Wenn das Schöne, Große und Erhabene der Erde ihn entzückt, so werden die Wunder, die jene unendlichen Räume füllen, ihn noch tiefer ergreifen. Daß dieser höhere Sinn die Brust Ew. Königlichen Hoheit belebt, davon hat Ihre Gnade mich selbst Zeuge werden lassen, und so fühle ich mich denn ermuthigt, Höchstdenenselben ein Werk zu widmen, das sonst wegen seines ernsten Inhalts dem zarten Geschlechte, dem Sie angehören, nicht zu entsprechen scheinen möchte. Aber ein Geist, wie der Ihrige, findet auch in den ernsteren Zweigen des Wissens seine Heimath,

und der Duft irdischer Blumen weckt in ihm Ahnungen jener Ideale, die ihn einst in einem reinern Dasein umleuchten werden. Möchten also Ew. Königliche Hoheit diese Schrift mit der Ihnen angebornen Huld aufzunehmen geruhen und dieselbe zugleich als ein schwaches Zeichen der tiefsten Verehrung und des innigsten Dankes ansehen, zu dem Ihre Huld mich für mein ganzes Leben verpflichtet hat. Ich ersterbe mit dem ehrfurchtsvollsten Respekt

Ew. Königlichen Hoheit

unterthänigster

Joh. Andreas Lebrecht Richter.

Vorwort.

Es ist eine erfreuliche Erscheinung unserer Zeit, daß der Sinn für Naturwissenschaften sich immer mehr verbreitet, daß auch in Schulen, wo noch vor nicht hundert Jahren nichts als todter Sprachunterricht herrschte, der Knabe und Jüngling auf die Wunder um ihn her aufmerksam gemacht und zur Kenntniß der Kräfte, Gesetze und Erscheinungen der Natur hingeleitet wird. Dies ist ein Unterricht, der immer sorgfältiger betrieben werden sollte; denn die Natur ist uns offenbar von einer höhern Hand als das Mittel angewiesen worden, wodurch wir unsere geistigen Kräfte und Anlagen ausbilden sollen. Und dazu ist sie wahrlich ein vollkommen genügendes und ausreichendes Mittel; denn eben die unendliche Mannichfaltigkeit ihrer Schätze läßt kein einziges unserer Seelenvermögen ungeweckt und ungenährt. Die Betrachtung derselben entwickelt und kräftigt eben sowohl unsern Verstand, als sie auf das Empfindungs- und dadurch auf das sittliche Vermögen wirkt. Sie ist der Inbegriff alles Wahren, Schönen und Großen, sie führt den Menschen zur richtigen Kenntniß seines Selbst und seiner Verhältnisse zum großen Ganzen, und vor allen Dingen, sie führt ihn zu Gott und zum Heiligen; denn in ihren

Formen spricht sich der göttliche Verstand, die höchste Weisheit, Liebe und Allmacht auf das Gewaltigste und Eindringendste aus, ergreift die Seele des Betrachters und reinigt seinen Geist von den Schlacken des gemeinen Irdischen. Soll es irgend besser mit der Menschheit werden, soll Wahrheit und Rechtlichkeit bei ihr einkehren, soll der Egoismus gedämpft und allgemeine Bruderliebe verbreitet werden, so wird das immer weiter sich ausdehnende Studium der Natur das Mittel dazu sein; vor ihrem Strahle werden die Sophismen des Truges schwinden, die Bosheit erbleichen, der aufblähende Stolz gedemüthigt werden, und der Mensch wird lernen, sich selbst und Andere nach der Wahrheit zu schätzen, den glänzenden Flitter von dem wahren Golde zu unterscheiden und seinen eigentlichen Werth in Vorzügen des Geistes und Herzens zu suchen. Es wird jetzt, Dank der gütigen Vorsehung! der Weg dazu eingeschlagen und alle Bemühungen der Scholastik werden nicht im Stande sein, die richtige Straße auf's Neue zu verdämmen und zur alten Finsterniß zurückzuführen. Unter allen Zweigen der Naturwissenschaften ragt aber die Astronomie am meisten hervor. Sie ist die Krone aller übrigen und enthält das geistige Element in einem solchen Grade, daß sie darin fast alle anderen Wissenschaften übertrifft und unmittelbar dahin wirkt, die höchsten Ideen des Wahren, Schönen und Guten in der Seele hervorzurufen. Darum spricht sie denn auch Jeden an, dessen inneres Selbst noch nicht ganz verkrüppelt ist; ja, das bloße Anschaun des gestirnten Himmels erweckt schon in der Seele, auch des Ununterrichtetsten, eine Menge von Vorstellungen und Empfindungen, die ihn erheben und läutern und mit Ahnungen des Unsichtbaren erfüllen. Ist es doch, als ob eine geheime Zaubermacht den Menschen zu jenen glänzenden Gestirnen hinzöge, wenn er sie in ruhigem Schweigen ihre Bahnen dahin wandeln sieht, als ob nicht hier, sondern dort die wahre Heimath seines Geistes wäre,

als ob er Flügel bekommen müßte, um sich aufzuschwingen, wo Orion sich gürtet und der Schwan seine Silberfittige entfaltet. Daher wird denn Kenntniß der Sternwissenschaft auch im großen Publikum als ein allgemeines Bedürfniß gefühlt, und die zahlreichen Schriften, die darüber seit dem Anfange des 19ten Jahrhunderts erschienen sind, beweisen es, daß das Interesse dafür noch immer im Steigen ist. Das Schlimmste ist nur, daß noch immer zu wenig mathematische Vorkenntnisse angetroffen werden, ohne welche die Wissenschaft doch nur ein dürres historisches Aufzählen der Resultate, welche der Gelehrte durch sein Nachdenken gewonnen hat, bleiben kann, ohne daß der Leser in seinem Innern von der Wahrheit und Untrüglichkeit derselben volle Ueberzeugung erhält. Ich habe daher in gegenwärtiger Bearbeitung, die sich ganz bescheiden den trefflichen Werken eines Schubert, Brandes, Littrow und Anderer nicht zur Seite stellen, sondern ihnen unterordnen soll, einen Weg eingeschlagen, der auch, wie ich hoffe, den Laien in der Mathematik, wenn er sonst nur einen gebildeten und des Denkens fähigen Verstand und den guten Willen hat, nach innerer Ueberzeugung zu streben, dahin bringen soll, die Hauptlehren der Astronomie nicht nur historisch zu fassen, sondern auch nach ihren Gründen zu verstehen und der Wahrheit im vollen Sinne des Worts sich zu bemächtigen. Zu dem Ende habe ich bei dem Vortrage der Wissenschaft zuvörderst bloß auf Elementarmathematik Rücksicht genommen, ohne den höhern Kalkul zu Hülfe zu nehmen, und an die Spitze des Ganzen diejenigen mathematischen Sätze gestellt, auf welche die folgenden Lehren gestützt werden können. Diese Sätze werden meiner Meinung nach auch dem Laien verständlich und einleuchtend sein und wenn er sich Mühe gibt, sich ihrer Wahrheit vollkommen zu bemächtigen, ihn in den Stand setzen, mit Ueberzeugung einzusehen, wie es dem Denker möglich sein konnte, in die Tiefen des Himmels

einzudringen und da festen Fuß zu fassen, zu messen und zu rechnen, wo kein menschlicher Tritt mehr zu wandeln vermag. Da ich selbst nur Dilettant in der erhabensten aller Wissenschaften bin, so war es mir vielleicht eher, als den Meistern in derselben, möglich, mich in die Seele des Laien zu versetzen und auf einem Wege, den jene für zu weitschweifig und lang halten müssen, ihn zu ihrem innern Heiligthume zu führen und mit den Gründen ihrer Wahrheiten bekannt zu machen. Inwiefern mir dieses gelungen ist, darüber steht nicht mir, sondern den Männern vom Fache und dem Publikum selbst, für das ich schreibe, das Urtheil zu; aber des Bewußtseins kann ich mich rühmen, daß ich mit Treue und Eifer und mit dem lebhaften Wunsche, mein Ziel zu erreichen, gearbeitet habe. Wo ich fehlte, wird eine billige Nachsicht den strengen Richterspruch mildern. Fehlen wir doch Alle mannichfaltig. Zweckmäßig schien es mir, durch anschauliche Zeichnungen dem Verstande zu Hülfe zu kommen und darum wird man von diesen eine größere Anzahl finden, als in anderen astronomischen Werken. Zu meinen Führern dienten mir vorzüglich Schuberts populäre Astronomie, außerdem die Werke von Brandes, Piazzi und Anderer, deren Hülfe ich mit der größten Dankbarkeit anerkenne. Der gegenwärtige erste Theil umfaßt meistens nur die Lehren der sphärischen Astronomie, obgleich ich meiner Ansicht nach mich nicht strenge an das System binden zu müssen glaubte und auch Verschiedenes aus der theorischen Sternkunde einschaltete, namentlich die Lehren von der Gestalt der Erde und den Gründen ihrer Axendrehung. Da es nöthig war, auch der Werkzeuge zu erwähnen, welche zur Beobachtung des Himmels dienen, so sah ich mich, um ganz verständlich zu werden, bewogen, aus der Physik das Wichtigste von der Theorie des Lichts zu entlehnen. Eben so wenig konnte ich die Lehre von der Bewegung und den Bewegungskräften übergehen, wenn ich

den Lauf der Himmelskörper anschaulich machen wollte. Der Wunsch, auch dem Laien verständlich zu werden, hat mich vielleicht nicht selten verleitet, mehr Worte zu machen, als doch wohl nöthig gewesen wäre. Möge man mich also deswegen mit Nachsicht beurtheilen. Der zweite Theil, welcher mit nächster Ostermesse erscheinen wird, umfaßt die theorische und physische Astronomie und schließt mit einer Anleitung zur Kenntniß des gestirnten Himmels.

Das Publikum, welches ich bei dieser Arbeit vor Augen hatte, umfaßt alle gebildete Männer, auch Frauen, die einen guten Schulunterricht genossen, dadurch zum Denken sich gewöhnt, aber keine Gelegenheit gehabt haben, mit der Mathematik sich näher zu befreunden. Ich schrieb daher für den Theologen, den Schulmann, überhaupt für den Gelehrten jeder Art im Fache der Rechtswissenschaft, der Arzneikunde, der Philosophie, insofern alle diese nicht auch zugleich Mathematiker von Profession sind, dann auch für jeden gebildeten Bürger, der das Bedürfniß fühlt, von den Wundern des Himmels sich Rechenschaft zu geben, und für solche gebildete Frauen, die ihren Werth mehr in innerer Geistescultur, als in dem Glanze äußerer Schönheit und Politur suchen. Mögen diese in meiner Arbeit diejenige Nahrung für Geist und Herz finden, die ich nach meinen besten Kräften ihnen zu bieten mich bestrebte! Vorzüglich der Theologe wird nach meinem Urtheile die nähere Bekanntschaft mit der Astronomie brauchen können. Zu Belehrungen über einzelne Theile derselben findet er mehr, als jeder Andere, Gelegenheit und selbst seine Kanzelvorträge wird er interessanter und eindringlicher machen können, wenn er von Zeit zu Zeit seine Zuhörer auch zu dem erhabenen Tempel der Natur und insbesondere des Himmels hinführt, um sie hier die Wunder der Allmacht und höchsten Weisheit und Liebe in ihrer ganzen Größe und Schönheit schauen zu lassen. Die Natur ist die älteste, reinste und dem menschlichen

Geiste allgemein ansprechende Offenbarung Gottes. Wie kann es der Prediger für unter der Würde seines großen Berufes halten, auch mit ihr in seinen Vorträgen sich zu beschäftigen! Aber freilich muß er selbst mit dieser Natur sich vertrauter gemacht haben, als es bis jetzt, der Art und dem Inhalte seines Unterrichts zufolge, der Fall gewesen ist.

Ich schließe mit dem Wunsche, daß meine Arbeit nicht ganz ihres Zweckes verfehlen und auch ihr Scherflein dazu beitragen möge, der erhabensten aller Wissenschaften immer mehr Freunde und Anhänger zu verschaffen.

Geschrieben im August 1830.

Der Verfasser.

Inhalt

des ersten Theils.

Seite

Erster Abschnitt. Von den Erscheinungen des Himmels überhaupt, insbesondere des gestirnten. 1

Zweiter Abschnitt. Von den für unsern Zweck wichtigsten Lehrsätzen der Mathematik. 16

Dritter Abschnitt. Fortsetzung der Betrachtung des Himmels. Beobachtung einiger besondern Erscheinungen, und Übergang zur Erklärung der gemachten Wahrnehmungen. Gestalt der Erde. Erörterung der auf den Horizont und den ruhend gedachten Himmel sich beziehenden Begriffe. 46

Vierter Abschnitt. Über die auf die tägliche Umdrehung des Himmels sich beziehenden Begriffe. Äquator, Pole, Lage der Sterne gegen den Äquator, Declination und Rectascension, Meridian, Pol- und Äquatorshöhe, Tagekreise, Tag- und Nachtbogen, Culmination, correspondirende Höhen, Stundenwinkel. Bestimmung der Mittagslinie, der Polhöhe, der Declination und der Rectascension. 72

Fünfter Abschnitt. Die scheinbare Rotation des Himmels ist Folge der Rotation der Erde. Erläuterung, wie dieser Schein entstehen könne. Linien und Punkte, die auf der Erde durch ihre Rotation entstehen. Länge und Breite der Örter. Erster Meridian. Die Verschiedenheit der Tageszeiten an verschiedenen Örtern der Erde in einem und demselben Augenblicke. 91

Sechster Abschnitt. Abweichung der Gestalt der Erde von der vollkommenen Kugelform als Folge ihrer Rotation. Entdeckung dieser Abweichung durch Messungen und Schluß aus der Abplattung auf die Rotation. Eben das zeigen auch die Versuche mit dem Pendel. Verhältnisse der Erdaxe gegen den Durchmesser des Äquators. Beantwortung einiger Einwürfe gegen die Rotation. Bestimmungen über die Größe der Erde. 108

Seite

Siebenter Abschnitt. Von den Wandelsternen überhaupt. Scheinbare Bewegung der Sonne. Ekliptik, Wendekreise, Äquinoctial- und Solstitialpunkte, Coluren, Polarkreise, Länge und Breite der Sterne und ihre Bestimmung. Das Vorrücken der Nachtgleichen. Abnahme der Schiefe der Ekliptik. Eintheilung derselben in 12 Zeichen. Der Thierkreis. Die übrigen Sternbilder. Verschiedene Größen der Fixsterne. Ihr Funkeln. 128

Achter Abschnitt. Wahrscheinlichkeit, daß die Bewegung der Sonne nur scheinbar und Folge einer wirklichen Bewegung der Erde ist. Das Ptolomäische, Tychonische und Kopernikanische Sonnensystem. Wie aus der Bewegung der Erde die jährliche Bewegung der Fixsterne erklärt werde. Jahreszeiten, Zonen, Verschiedenheit der Tageslänge. Benennungen der Erdbewohner von ihrer Lage gegen einander und gegen die Sonne. 167

Neunter Abschnitt. Von den verschiedenen Bestimmungen der Zeit. Sternzeit und ihre Verwandlung in Bogen des Äquators und umgekehrt. Wahre und mittlere Sonnenzeit. Wahre und mittlere Bewegung der Sonne in der Ekliptik. Wahre und mittlere Länge. Epoche. Gleichung des Mittelpunktes. Mittlere Bewegung der Sonne, auf den Äquator reducirt. Von der Zeitgleichung. Anhang einiger Aufgaben, die Culmination, den Auf- und Untergang der Weltkörper, den Nonagesimus, den Sehungsbogen für einen gegebenen Ort u. s. w. zu bestimmen. 248

Zehnter Abschnitt. Von der Parallaxe. Höhen- und Horizontalparallaxe. Bestimmung der Entfernung der Weltkörper. Schlüsse aus dem Abstande und der Größe der Sonne auf die Bewegung der Erde um dieselbe. Lehrsätze aus der Physik über bewegende Kräfte. Einwurf gegen die Bewegung der Erde, vom Mangel einer Parallaxe an den Fixsternen hergenommen. Bradley's Untersuchungen. Aberration des Lichts. Nutation der Erdaxe. Übersicht der verschiedenen scheinbaren Bewegungen der Fixsterne. Beobachtungen solcher Ortsveränderungen derselben, die auf eine Bewegung des ganzen Sonnensystems oder auch auf eigene Bewegungen der Fixsterne schließen lassen. 308

Erster Abschnitt.

Von den Erscheinungen des Himmels überhaupt, insbesondere des gestirnten.

§. 1.

Wir freuen uns Alle des wärmenden Strahles, den die Sonne zur Erde sendet; wir lieben das sanfte Licht des Mondes und blicken nicht selten mit Empfindungen der Bewunderung zu den Tausenden von Sternen auf, die in heitern Nächten ihre reine Flamme durch die dunk'le Bläue des Himmels gießen: aber nur zu oft geht dieser Eindruck flüchtig an unserm Innern vorüber, weil Gewohnheit uns gegen die Wunder der Schöpfung abgestumpft hat. Wie ganz anders würde das unermeßliche Schauspiel des Himmels und der an ihm strahlenden Welten auf uns wirken, wenn wir vielleicht das erste Viertheil unsers Lebens in unterirdischen Gewölben, wie sie etwa das Salzwerk von Wiliczka darbietet, zugebracht hätten, ohne ein anderes Licht zu kennen, als den Fackelschein, der jene nächtlichen Grotten erleuchtet, und nun auf einmal, nachdem wir unsern Verstand durch mancherlei Kenntnisse und Uebung seiner innern Kraft ausgebildet hätten, unsern dunkeln Aufenthalt verließen und die blühende Erde, das blaue Gewölbe des Himmels mit seiner strahlenden Königin und, wenn die Nacht ihn überschattete, mit seinen zahllosen Silberheerden erblickten! Welches Staunen, welche Bewunderung würde uns da ergreifen! Wir würden nicht aufhören können, zu fragen und zu forschen nach dem wunderbaren Inhalte des Räthsels, das unser Auge schauete. Auf diesen Standpunkt mögen sich jetzt meine Leser mit mir stellen und einstweilen

vergessen, daß sie bisher schon in der Mitte aller dieser Wunder lebten. Wir wollen uns denken, daß wir einst zum ersten Male, aber mit vollkommen ausgebildeten Seelenkräften, unsere Blicke nach dem erhabenen Firmamente richteten und nun erzählen, was und wie wir es schaueten, welche Betrachtungen sich uns aufdrängten und wie wir es anfingen, um das unendliche Räthsel nach unsern Kräften zu lösen. Wir werden auf diese Art ungefähr denselben Weg betreten, den der Mensch vom Augenblicke seiner Schöpfung an wirklich eingeschlagen hat, um den Schatz von astronomischen Kenntnissen, deren er sich gegenwärtig erfreuet, einzusammeln, nur mit dem Unterschiede, daß wir durch den Beistand der Männer, die schon mit der Wissenschaft vertraut sind, die Wanderung zu unserm Ziele außerordentlich abkürzen und die Wahrheit sogleich ergreifen können, ohne uns erst durch die Labyrinthe der Irrthümer durcharbeiten zu dürfen. Wo also unser eigener Verstand nicht ausreicht, da wollen wir bei ihnen Hülfe suchen, und wo unser Leben zu kurz ist, um gewisse Veränderungen am Himmel selbst wahrzunehmen, da wollen wir die Stimme der Erfahrung vergangener Jahrhunderte hören. Vielleicht gelingt es uns auf diesem Wege, auch ohne Kenntniß der höheren Lehren der Mathematik, von den interessanten Erscheinungen, welche das Weltall uns darbietet, klare und deutliche Begriffe zu erlangen.

§. 2.

Als wir zuerst aus den düstern Gewölben, die unsere Jugend umgeben hatten, an das Licht der Oberwelt heraufgestiegen waren, da befanden wir uns auf einer weiten, von keiner Anhöhe, keinem Walde, nur von einigen Gebäuden unterbrochenen Ebene, über uns der blaue, wolkenlose Himmel und an demselben die Sonne, die so eben, wie man uns sagte, durch ihren Stand die Mitte des Tages bezeichnete. Das, worauf wir standen, war also die Erde, die uns vorher in ihrem Innern geborgen hatte. Gleich einer weiten Kreisfläche lag sie um uns herum und an ihren äußersten Grenzen senkte sich das blaue Gewölbe des Himmels zu ihr herab und schien sich bräutlich mit ihr zu vermählen. Wir hörten, daß alles das, was wir zu übersehen vermochten, der Gesichtskreis und seine an den Him-

mel sich anschließende Grenze der Horizont *) genannt, daß derselbe in Weltgegenden getheilt werde und daß gerade da, wo wir die Sonne erblickten, Süden (Mittag), diesem gegenüber Norden (Mitternacht), rechts Westen (Abend) und links Osten (Morgen) sich befände. Sehr bald bemerkten wir, daß die Sonne ihre Stelle veränderte und sich immer weiter nach Westen hin bewegte. Ja, nach etwa sechs Stunden sahen wir sie wirklich den westlichen Horizont berühren und sich endlich unter denselben hinabsenken. Das Letztere war uns auffallend, da der Himmel sich so genau an die Erde zu schließen schien; aber man sagte uns, daß die Erde viel größer wäre, als die von uns überschauete Fläche. Sie erstrecke sich nach allen Seiten zu vielen hundert Meilen weiter und jene Berührung derselben mit dem Himmel wäre nur scheinbar; denn wenn wir uns dahin begäben, wo sie Statt zu finden schiene, würden wir das blaue Gewölbe eben so hoch über uns erblicken, wie jetzt, und rund um uns her dieselbe Erscheinung einer Vereinigung des Himmels mit der Erde, ohne daß diese doch irgendwo wirklich Statt fände. Mancherlei Fragen: wo denn nun die Sonne bliebe? warum wir nicht mehr von der so groß geschilderten Erde wahrnähmen? was denn der Himmel eigentlich sei? u. s. w. drängten sich von unsern Lippen, aber das schöne Schauspiel im Westen, wo der Himmel sich mit dem herrlichsten Gold und Purpur malte, zog unsere ganze Aufmerksamkeit an sich und fesselte unsere Blicke so, daß jede weitere Frage über die vernommenen Räthsel in den Hintergrund trat.

§. 3.

Das schöne, so hell strahlende Licht war nun ganz verschwunden, es wurde immer dunkler, und schon wollten wir uns unter ein Obdach begeben, als uns zufällig am Himmel mehrere leuchtende Punkte in die Augen fielen, die man uns mit dem Namen der Sterne bezeichnete. Ihre Zahl vervielfältigte sich mit zunehmender Dunkelheit immer mehr; einige erschienen schwächer, andere glänzender und man belehrte uns, daß die hellsten derselben Sterne der ersten Größe genannt würden und daß man so in absteigender

*) Vom Griechischen ὁριζειν (horizein), endigen, begrenzen.

Ordnung Sterne der zweiten, dritten, vierten u. s. w. Größe unterschiede. Welche sonderbare Erscheinung! Wo kamen auf einmal diese Lichtfunken her? Entzündete sich ihr Strahl jetzt erst, oder leuchteten sie schon während des Tages und wurde ihr schwaches Licht nur durch das stärkere der Sonne verdunkelt? Man versicherte uns, daß dies Letztere der Fall sei und dies schien uns auch sehr einleuchtend, da wir schon in anderen Fällen ein schwächeres Licht durch ein stärkeres hatten verdunkeln und unsichtbar machen sehen. Späterhin aber überzeugten wir uns vollkommen, indem wir Gelegenheit hatten, durch Fernröhre die Sterne mitten am Tage wahrzunehmen. Aber bald setzte uns noch eine andere Beobachtung in Erstaunen. Wir bemerkten nämlich, daß diese Sterne auf eben die Art, wie die Sonne, von Osten nach Westen sich fortbewegten und, wenn sie den westlichen Horizont erreicht hatten, sich unter denselben hinabsenkten, während andere über den östlichen Gesichtskreis sich empor hoben und immer weiter heraufrückten. Es war eine schöne, warme Septembernacht; das Erstaunen, welches das neue Schauspiel in uns erregte, verscheuchte alle Neigung zum Schlafe; wir beschlossen daher, im Freien zu bleiben. Nach allen Seiten richteten wir nun unsere Blicke und sahen mit ehrfurchtsvoller Bewunderung dem erhabenen Tanze zu, den so viel tausend Sterne vor uns aufführten. Dort tauchten sie aus dem Reiche des Unsichtbaren auf, hier gingen sie nach Vollendung ihres Laufes zur süßen Ruhe. Je weiter ein Stern nach Süden zu stand, desto kleiner war der Bogen, den er zurückzulegen hatte, nach Norden zu aber wurden diese Bogen immer größer. Jetzt bemerkten wir, daß ein Stern, der weit nach Norden zu untergegangen war, wieder in Nordnordost aufging und nur einige Stunden sich unserm Auge entzogen hatte. Wir hatten zu genau Acht gegeben, um eine Täuschung zu vermuthen; auch machten wir bald an mehreren Sternen dieselbe Beobachtung. Ja, wir sahen sogar Sterne, welche gar nicht untergingen, sondern längs dem Nordhorizont sichtbar von Westen nach Osten fortbewegten und so allmählig wieder höher heraufstiegen. Inzwischen näherte sich der Morgen des neuen Tages. Ein röthlicher Lichtschimmer verbreitete sich an der Ostgrenze des Horizonts und so wie die Helle an Stärke zunahm, verschwanden immer mehr die

Sterne, zuerst die kleineren, dann nach und nach die größeren und glänzenderen, bis endlich die strahlende Sonne aufs neue emporstieg und frisches Leben über die jauchzende Erde strömte.

§. 4.

Die Menge der neuen Gegenstände, die wir erblickt hatten, und deren Zahl sich noch mit jedem Augenblicke vermehrte, beschäftigte den ganzen Tag hindurch unser Nachdenken. Statt der zahllosen Sterne sahen wir wieder die Eine Sonne eine ganz ähnliche Bahn, wie jene, am Himmel vollenden. Wo war sie in der Nacht gewesen? Wo gingen die Sterne hin, die sich unter den Horizont hinabsenkten? Sie waren so wenig, wie die Sonne, verschwunden; denn wir hatten einige in Osten wieder heraufkommen sehen, und wir konnten vermuthen, daß dies wohl bei allen der Fall sein möchte, daß nur das Sonnenlicht uns hinderte, ihren Aufgang wahrzunehmen. Mit Sehnsucht erwarteten wir daher den Abend, wo diese Vermuthung wahrscheinlich Gewißheit werden würde. Endlich ging die Sonne unter und ein neuer Vorhang rollte am Himmel auf, um uns wieder das Schauspiel des vorigen Abends zu zeigen. Indem wir zuerst unsere Blicke nach Westen richteten, bemerkten wir hier eine für uns ganz neue Erscheinung. Nicht weit vom Horizont, in derselben Gegend, wo die Sonne untergegangen war, glänzte ein großer, sichelförmiger Körper, der mit einem östlich daran grenzenden dunkeln Theile eine kreisförmige Scheibe bildete. Es war der Mond, der uns jetzt zum ersten Male sein Antlitz zeigte, aber nur auf kurze Zeit, denn bald entzog uns der Horizont das schöne Licht dieser Nachtsonne und wir lenkten unsere Blicke wieder nach den übrigen Theilen des Himmels. Da sahen wir denn alle Sterne des vorigen Abends aufs neue an ihrem Orte, genau in der nämlichen Lage gegen einander und denselben Bahnen folgend. Was wir schon vermuthet hatten, war gewiß. Ihr Verschwinden unter dem Horizont war nur scheinbar gewesen; sie mußten sich während ihrer Unsichtbarkeit am Himmelsgewölbe unter dem Erdkörper weggewegt haben und waren nun wieder an die sichtbare Hälfte des Himmels getreten. Die Erde hatte also keinen Zusammenhang mit dem Himmel; sie mußte ein ganz frei im

Weltraume schwebender Körper sein; auch versicherte man uns nochmals, daß wir überall auf der Erde, wir möchten uns befinden, wo wir wollten, den Himmel eben so als eine hohle Halbkugel über uns erblickten, wie es auf unserm Standpunkte der Fall wäre. Wer hielt die Erde, wenn sie so frei schwebend im leeren Raume war, daß sie nicht gegen das Gewölbe des Himmels stürzte? Und welche Gestalt hatte denn nun dieser sonderbare Erdkörper, da er unmöglich eine ins Unendliche fortgehende Fläche sein konnte, wenn das wahr war, was man uns sagte, und was unsere eigenen Wahrnehmungen uns zu lehren schienen?

§. 5.

Während wir über diese Räthsel nachdachten, hatten wir unsere Augen unverwandt nach der Nordseite gerichtet. Hier fiel uns ein heller Stern von der zweiten Größe auf, der in beträchtlicher Höhe über dem Horizont stand, aber nicht, wie die andern, seinen Ort veränderte. In seiner Nähe waren einige kleine Sterne, die sich sehr langsam um denselben bewegten. Am Abend sahen wir sie westlich, um Mitternacht nördlich und am Morgen östlich von demselben stehen, so daß sie also wahrscheinlich am Mittage sich südlich befanden. Wir beobachteten nun noch mehrere in der Nähe befindliche Sterne und sahen, wie sie alle um jenen feststehenden Stern sich herumdreheten, die näheren in kleineren, die entfernteren in größeren Kreisbogen. Einige Sterne hatten einen so großen Abstand, daß ihre Kreisbahn fast den nördlichen Horizont berührte; bei noch entfernteren tauchte sie sich nur wenig unter den Horizont, immer mehr aber, je größer der Abstand von jenem unbeweglichen Stern ward. Man nannte uns denselben den Polarstern und bestätigte die Richtigkeit unserer Beobachtungen. Wir könnten uns, wie es auch der Augenschein gäbe, den Himmel als eine große hohle Kugel vorstellen, in deren Mitte die Erde wäre. Wenn wir recht aufmerksam wären, so würden wir finden, daß die Sterne an dem innern Gewölbe wie festgeheftet erschienen, daß nicht sowohl jeder einzelne eine besondere Bewegung hätte, sondern daß vielmehr das ganze Himmelsgewölbe mit den daran befindlichen Sternen sich um die Erde drehe; denn alle Bewegungen derselben wären so gleichförmig, daß jeder, er möchte nun einen klei-

neren oder größeren Kreis beschreiben, doch alle 24 Stunden genau einmal seinen Kreis vollendete und während dieser Zeit in gleich großen Zeittheilen auch immer gleich große Räume seines Weges zurücklegte, z. B. in 12 Stunden jeder die Hälfte, in 6 Stunden jeder ein Viertel seines Kreises. Wir sollten uns nur eine Kugel vorstellen, die sich um sich selbst drehete und auf dieser mehrere Punkte bezeichnen, so würden wir gerade dieselbe Erscheinung haben. Zuerst würden wir an derselben zwei entgegengesetzte Punkte bemerken, die bei der Drehung unverrückt blieben. Diese Punkte nenne man die Pole der Kugel, und dächten wir uns von einem Pole zum andern eine gerade Linie durch den Mittelpunkt der Kugel, so wäre diese die Axe derselben. Um diese Axe geschähe die Drehung der Kugel. Je näher nun einer der bezeichneten Punkte dem einen oder andern Pole wäre, desto kleiner, je weiter davon entfernt, desto größer würde der Kreis sein, den er während der Umdrehung beschriebe. Der größte aller dieser Kreise aber würde der sein, der von jedem Pole gleich weit abstände. Nun sei es ganz offenbar, daß alle diese Punkte in einerlei Zeit die Drehung um die Axe vollenden müßten, und in gleichen Zeittheilen auch jeder ein gleich großes Stück von seiner Bahn. Gerade so wäre es mit dem Himmel. Der eine Pol desselben befinde sich bei dem unverrückt bleibenden Sterne, der andere Pol sei diesem gerade entgegengesetzt unter der Erde. Diese verdecke uns inzwischen einen Theil der Kreise, welche die Sterne beschrieben. Nur weil unser Wohnort etwas schief gegen die Himmelsaxe läge, sähen wir die Kreisbahnen der nördlichen Sterne ganz, von den südlichern aber nur Theile derselben, die immer kleiner würden, je weiter der Stern nach Süden zu von dem uns sichtbaren Pol abstände. Ja, es gäbe noch weiter nach Süden zu viele Sterne, die bei uns gar nicht aufgingen, sondern ihre ganze Bahn unter unserm Horizont vollendeten. Wir möchten uns nur die Zeichnung der Figur 1. ansehen. Die Linie **a b** möge einstweilen unsere Erde bedeuten, der Kreis aber den Himmel und zwar die Linie **NS** die Axe, die Punkte **N** und **S** die beiden Pole. Ein Stern **F** beschreibe seine ganze Kreisbahn sichtbar über unserm Horizonte, ein Stern **K** sei uns in dem Bogen **IH** sichtbar und in dem Bogen **GI** unsichtbar, ein Stern **L** aber bleibe

in seiner ganzen Kreisbahn MO unter unserm Horizonte und könne niemals von uns gesehen werden, so lange wir an unserm Orte blieben. Dächten wir uns dagegen an der untern Seite von a b auch Menschen, so würden diese den Pol S, aber nicht mehr unsern Pol N sehen. Der Stern L würde ihnen in seinem ganzen Kreise MO sichtbar bleiben, vom Sterne F würden sie aber gar nichts gewahr werden und der Stern K würde den Bogen GI ihnen sichtbar, den Bogen IH aber ihnen unsichtbar beschreiben.

§. 6.

Dies Alles war uns allerdings so ziemlich deutlich; nur blieb uns gerade die Erde selbst noch ein räthselhafter Körper. Eine solche gerade Fläche, wie die Linie a b, als der Durchschnitt derselben, andeutete, konnte sie doch unmöglich sein; eine solche Gestalt schien mit der des Himmels gar nicht harmonisch. Wir wurden aber bei der Bitte um nähere Auskunft auf eine folgende Zeit verwiesen und inzwischen vermogt, unsere Beobachtungen des Himmels noch einstweilen fortzusetzen. Dies thaten wir denn auch an den folgenden Abenden, indem wir unsere Aufmerksamkeit vornehmlich dem Monde widmeten. Schon am andern Abend nach seinem ersten Sichtbarwerden bemerkten wir, daß sein erleuchteter Theil an Breite bedeutend zugenommen hatte. Auch war sein Abstand von der in Westen untergehenden Sonne nach Osten zu größer geworden und dieser Abstand wuchs mit jedem folgenden Abend immer mehr, so daß er endlich, als die Sonne unterging, gerade im Süden stand und seine kreisförmige Scheibe zur Hälfte erleuchtet war. Man nannte uns diese Erscheinung das erste Viertel. Mit jedem folgenden Abend rückte er nun immer weiter gegen Osten, und das erleuchtete Stück wurde immer größer. Sieben Tage nach dem ersten Viertel ging er gerade in Osten auf, als die Sonne in Westen unterging und seine ganze Scheibe glänzte von einem außerordentlich schönen Lichte. Diese Erscheinung hieß der Vollmond. Von jetzt an ging derselbe immer später in der Nacht auf, das erleuchtete Stück wurde wieder kleiner, aber anstatt daß vor dem Vollmond der helle Theil immer nach Westen, der dunkele nach Osten gekehrt war, war es nach demselben

gerade umgekehrt, das Licht nach Osten, das Dunkele nach Westen hin gerichtet. Das erstere nahm immer mehr ab, das letztere zu und 7 Tage nach dem Vollmonde ging der Mond gerade um Mitternacht auf und zeigte sich an der Ostseite zur Hälfte erleuchtet. Man nannte uns diese Gestalt das letzte Viertel. Der Aufgang erfolgte nun immer später nach Mitternacht, das erleuchtete Stück wurde allmählich immer sichelförmiger und gegen das Ende der vierten Woche sahen wir ihn kurz vor der Sonne aufgehen und eben so schmal-sichelförmig, wie er uns beim Anfange unserer Beobachtungen des Abends im Westen erschienen war. Die Lichtseite war wieder eben so der Sonne zugekehrt, wie es auch damals der Fall war, und das brachte uns auf den Gedanken, daß wohl der Mond ein Körper wäre, der eben so sein Licht von der Sonne empfinge, wie es bei der Erde der Fall sei. In der That hatten wir nach dem Urtheile sachverständiger Männer das Wahre getroffen. Da wir nun den folgenden Morgen den Mond gar nicht mehr erblickten, einige Tage später aber derselbe wieder östlich von der Sonne stand und kurz nach ihr unterging, so merkten wir denn wohl, daß die Erscheinungen wieder von vorn angehen würden. Aber wie sollten wir uns das Alles erklären? Offenbar sahen wir, daß der Mond eben so, wie die Sonne und Sterne, der Umdrehung des Himmels folgte; aber eben so offenbar war auch eine eigenthümliche Bewegung desselben, und zwar eine der täglichen entgegengesetzte von Westen nach Osten. Denn mit jedem Tage sahen wir ihn nicht nur östlicher von der Sonne, sondern auch von den andern Sternen stehen, und als wir einst recht aufmerksam beobachteten, konnten wir mit jeder Stunde bemerken, wie der Mond sich immer weiter östlich von einem Sterne entfernte, bei welchem wir ihn anfangs bemerkt hatten. Der Mond konnte also am Himmel nicht fest sein; er mußte vielmehr frei im leeren Raume schweben. Aber wie konnte er dann der Umdrehung des Himmelsgewölbes folgen? wo waren die Bande, die ihn an dasselbe fesselten und ihn nöthigten, zwei entgegengesetzte Bewegungen zu gleicher Zeit zu machen? Das war uns Alles unerklärlich.

§. 7.

Wir hätten uns vielleicht doch wohl vorgestellt, der

Mond befinde sich, gleich den andern Sternen, am Himmelsgewölbe und während er mit demselben in 24 Stunden um die Erde gedrehet werde, bewege er sich längs demselben in einem unsichtbaren Gleise von Westen nach Osten; aber einst beobachteten wir ganz deutlich, wie der Mond unterhalb eines Sterns wegging und denselben verdeckte, wie er also offenbar uns näher als dieser Stern sein, folglich nicht, wie dieser, am Himmelsgewölbe selbst sich befinden konnte. Wie nun aber einen frei sich bewegenden Weltkörper die Rotation des Himmels mit ergreifen könne, um ihn innerhalb 24 Stunden um die Erde zu führen, während er doch die eigene, jener entgegengesetzte Bewegung ebenfalls unverrückt beibehielt, dies schien uns allerdings etwas Unbegreifliches. Uebrigens schien auch die eigene Bewegung desselben eben so, wie die tägliche, ein Lauf um die Erde zu sein. Wir suchten uns dies durch eine Vorrichtung deutlich zu machen. Wir befestigten auf einem Gestelle eine Kugel, die den Mond vorstellen sollte, und führten sie so um uns herum, daß sie mit einer Seite immer einem außerhalb des Kreises aufgestellten Lichte zugekehrt war. War nun die Kugel zwischen unserm Auge und dem Lichte, so sahen wir ihre dunkle Hälfte. Als sie dann sich immer weiter links vom Lichte entfernte, so erblickten wir rechts, also dem Lichte zugekehrt, eine sichelförmige Erleuchtung, die immer mehr an Breite zunahm, so wie der Abstand größer wurde. Nach Beschreibung des Viertelkreises sahen wir die uns zugekehrte Seite gerade zur Hälfte erleuchtet, zeigte also die Erscheinung des ersten Viertels, und als die Kugel hinter uns stand, dem Lichte gerade gegenüber, so glänzte die uns zugekehrte Hälfte im vollen Lichte und glich dem Vollmonde. Wurde nun die Bewegung weiter fortgesetzt, so erschien ein Theil der Halbkugel wieder unerleuchtet, nämlich der an der rechten, vom Lichte abgewendeten, Seite. Dieser dunkle Theil wuchs, so wie die Bewegung fortgesetzt wurde, und nachdem die Kugel drei Viertel des Kreises beschrieben hatte, zeigte sie sich gerade, wie der Mond beim letzten Viertel; dann wurde das erleuchtete Stück immer kleiner und zuletzt sichelförmig und verschwand endlich ganz, als die Kugel wieder zwischen dem Lichte und unserm Auge sich befand. Die Uebereinstimmung mit den verschiedenen Mondgestalten war offenbar, und so wurden wir durch diesen Versuch nicht nur

überzeugt, daß die eigene Bewegung des Mondes auch um die Erde gehe, sondern daß derselbe auch ein kugelförmiger Körper sein müsse; denn nahmen wir statt der Kugel eine platte Scheibe, so zeigte sich Alles ganz anders. Nur Eins hatten wir noch nicht wahrgenommen, daß nämlich der Mond als dunkle Scheibe vor die Sonne getreten wäre. Aber daß dies gerade nicht nothwendig sei, zeigte ebenfalls der Versuch. Denn wenn wir die Kugel etwas unter- oder oberhalb des Lichts weggehen ließen, so bedeckte sie dasselbe nicht, obgleich die uns zugekehrte Hälfte auch unerleuchtet war. Daß wir aber den Mond, wenn er so nahe an der Sonne war, gar nicht sahen, davon lag die Ursache offenbar an dem zu hellen Glanze des Sonnenlichtes. Man sagte uns nun noch, daß die Stellung des Mondes nahe bei der Sonne die Benennung des Neumondes führe und daß er in der That manchmal vor die Sonne als eine schwarze Scheibe trete und der Erde das Licht der Sonne eine Zeitlang entziehe, welche Erscheinung man, obgleich mit Unrecht, eine Sonnenfinsterniß zu nennen pflege, da es doch vielmehr eine Erdfinsterniß sei. Umgekehrt komme der Mond zur Zeit des vollen Lichts auch bisweilen in den Schatten der Erde und werde mit einem dunkeln Schleier überzogen; dieses heiße eine Mondfinsterniß. Wir merkten uns einstweilen diese Belehrung, in der Hoffnung, daß wir in Zukunft eine deutlichere Einsicht davon erhalten würden, fanden uns aber jetzt schon durch die Angabe, daß der Mond zwischen Sonne und Erde kommen könne, auch überzeugt, daß derselbe uns näher sein müsse, als die Sonne.

§. 8.

Weitere Beobachtungen des Himmels belehrten uns, daß auch die Sonne sich in einem ähnlichen Falle wie der Mond befinde, daß sie nämlich nicht nur der täglichen Umdrehung des Himmels folge, sondern auch eine eigene Bewegung von Westen nach Osten habe. Wir gaben nämlich auf die Sterne Acht, die uns nach Sonnenuntergang zuerst am westlichen Himmel erschienen, und bemerkten, daß ein Stern, den wir vor einigen Tagen noch ganz deutlich in der Dämmerung gesehen hatten, heute nicht mehr zu sehen war, weil er der Sonne näher gekommen und in ihren Strahlen verschwunden war. Ein solches Näherrücken be-

merkten wir bei allen Sternen. Gingen an einem Tage Sterne auf, wenn die Sonne unterging, so waren sie nach einer Woche schon eine halbe Stunde, nach einem Monate 2 Stunden, nach einem Vierteljahre 6 Stunden u. s. w. früher aufgegangen und hatten sich somit der Sonne genähert. Da nun aber die tägliche Bewegung der Sterne eine Folge der Rotation des ganzen Himmels war, so war dies Entgegengehen des letztern eigentlich nur die Wirkung einer Bewegung der Sonne von Westen nach Osten. Wenn wir eine Reise machen, so kommen die Gegenstände vor uns auch immer näher, während die hinter uns sich immer mehr entfernen, nicht weil jene Gegenstände wirklich auf uns losgehen, sondern weil wir durch unser Fortbewegen uns ihnen nähern. Durch diese Betrachtung überzeugten wir uns denn, daß die Sonne auch eine eigene Bewegung von Westen nach Osten habe und daß sie während derselben am ganzen Himmel herum um die Erde laufe. Denn Sterne, welche heute beim Untergange der Sonne über den östlichen Horizont sich erhoben, standen nach einem Vierteljahre Abends gerade in Süden, nach einem halben Jahre gingen sie mit der Sonne zugleich unter und nach Vollendung eines Jahres sahen wir sie wieder bei Sonnenuntergang aufgehen. Die Sonne hatte also gegen sie wieder die nämliche Stellung, hatte folglich einen ganzen Umkreis am Himmel vollendet. Bei dieser eigenen Bewegung der Sonne und des Mondes war noch das merkwürdig, daß die Bahnen derselben nicht in die Richtung der Axendrehung des Himmels fielen, sondern dieselbe schief durchschnitten, weil beide Körper nicht immer in gleicher Höhe über dem Horizont blieben, sondern in Beziehung auf den Südpunkt bald höher, bald tiefer standen. Als wir nämlich den 23. Sept. die Sonne beobachteten, so ging sie gerade in Osten auf und in Westen unter und hatte Mittags eine noch ziemlich bedeutende Höhe über dem südlichen Horizont. Von jetzt an aber fielen die Punkte ihres Auf- und Untergangs immer weiter südlich vom Ost- und Westpunkt und ihr Stand zu Mittage wurde immer niedriger. Dies dauerte bis den 21. Decbr., wo sie am weitesten nach Süden zu auf- und unterging und Mittags am niedrigsten war. Von jetzt an ging sie wieder immer weiter nach Osten und Westen zu auf und unter und erhob sich Mittags immer höher über

den Horizont, bis sie den 21. März denselben Kreis wieder beschrieb, in dem wir sie am 23. Sept. beobachtet hatten. Von da an ging sie nördlich vom Ost- und Westpunkte auf und unter und erreichte Mittags eine immer größere Höhe. Dieses Steigen dauerte bis zum 21. Juni, wo der Auf- und Untergangspunkt am weitesten nach Norden zu fiel und die mittägliche Höhe die größte war. Denn nun nahm letztere mit jedem Tage wieder ab und das Erscheinen der Sonne am Horizont näherte sich immer mehr dem Ost- und Westpunkte, bis den 23. Sept. Alles wieder so war, wie ein Jahr vorher. Diese ganze Bewegung werden wir indessen erst in der Folge unsern Lesern vollkommen deutlich darstellen können, indem wir nur noch bemerken, daß der Mond während seines monatlichen Umlaufs eine ganz ähnliche zeigte, und daß es uns jetzt schon sehr wahrscheinlich ward, daß auch die Sonne ein frei im Weltraume schwebender Körper sein möchte, obgleich es uns wegen ihres hellen Glanzes nicht möglich war, auch bei ihr wie beim Monde zu beobachten, ob andere Sterne von ihr bedeckt würden.

§. 9.

Jetzt machten wir auch die Bemerkung, daß es außer Sonne und Mond noch andere Sterne gebe, die, außer der allgemeinen täglichen Drehung um die Erde, auch noch eine eigene, ebenfalls von Westen nach Osten gehende, Bewegung hatten und ihren Stand in Beziehung auf die übrigen Sterne änderten. Wir bemerkten nämlich, daß manche Sterne nach Verlauf einer kürzern oder längern Zeit in der angegebenen Richtung unter den übrigen Sternen fortrückten, obgleich nicht so regelmäßig, wie es bei Sonne und Mond der Fall war. Standen sie etwa um Mitternacht gerade in Süden und zwar in der Nähe eines unverrückt bleibenden Sterns, so konnten wir deutlich sehen, wie sie von demselben eine Zeitlang von Osten nach Westen wegrückten, dann eine kurze Zeit still standen und nun in entgegengesetzter Richtung von Westen nach Osten mit schnellerer Bewegung fortgingen und so nach und nach zu immer östlichern Sternen gelangten, bis sie endlich auch einen ganzen Umlauf am Himmel vollendet hatten. Der Kreis, in dem ein solcher Stern sich bewegte, hatte eine ähnlich schiefe

Lage, wie der jährliche Sonnenkreis; denn bald sahen wir den Stern tief gegen Süden, bald in größerer Höhe und der Gegend des Himmels näher, die gerade über uns ist. Diese beweglichen Sterne führten den Namen der Planeten, Wandelsterne, alle übrigen unbeweglichen aber nannte man Fixsterne, d. h. feststehende Sterne, weil sie am Himmel gleichsam wie festgeheftet waren. Die Zahl der letztern war ungeheuer groß, die der erstern nur geringe. Einer der Planeten schien uns besonders merkwürdig. Man machte uns nämlich eines Abends auf einen hellen Stern aufmerksam, der bald nach Sonnenuntergang mit einem vorzüglich schönen Lichte am westlichen Himmel glänzte und im Munde des Volks den Namen Abendstern führte. Anfangs erschien er bei Untergang der Sonne ziemlich tief am Horizont, aber mit jedem Abend sahen wir ihn höher, bis er einen gewissen Abstand von der Sonne erlangt hatte. Dann sahe man ihn wieder mit jedem Abend etwas tiefer und der Sonne immer näher kommen, bis er endlich in dem Lichte der Abenddämmerung unsichtbar wurde. Aber nach einigen Wochen erblickten wir in der Morgendämmerung wieder einen hellen Stern, der etwas eher aufgegangen war, als die Sonne, und man versicherte uns, daß er mit jenem Abendsterne ein und derselbe Planet sei und jetzt im gemeinen Leben Morgenstern genannt würde. Er ging mit jedem Tage früher auf und entfernte sich so nach Westen zu immer weiter von der Sonne, aber auch nur bis zu einem gewissen Abstande, worauf er der Sonne wieder näher kam, zuletzt nur kurze Zeit vor derselben aufging, endlich in ihren Strahlen verschwand und dann sich wieder als Abendstern am westlichen Himmel zeigte. Man erzählte uns, daß dieser Planet bisweilen als ein kleiner schwarzer Fleck vor der Sonnenscheibe vorbeiginge, woraus sich denn ergab, daß er zu dieser Zeit uns näher sein müsse, als die Sonne.

§. 10.

So waren wir denn durch unsere Beobachtungen schon von vielen Sternen überzeugt worden, daß sie sich frei im Weltraume bewegten und doch auch der täglichen Umdrehung der Himmelskugel folgten. Vielleicht sind auch jene Fixsterne nicht so unbeweglich, als es den Anschein hat; vielleicht

sind auch sie frei schwebende Weltkörper; vielleicht ist es überhaupt ein Irrthum, wenn wir uns den Himmel als ein festes Gewölbe denken. Vielleicht ist das, was wir Himmel nennen, der unendliche Raum des Weltalls selbst, in den wir durch die unsere Erde umgebende Luft hineinblicken. Ein solcher Raum müßte uns wohl als eine hohle Kugel erscheinen, eben weil er keine Grenze hat und das Auge daher allenthalben gleich tief in denselben eindringt. In diesem Raume schweben also vielleicht alle Weltkörper, von welcher Art sie auch sein mögen, ganz frei und in verschiedenen Abständen von uns. Aber freilich scheint es dann unbegreiflich, wie dieser unendliche Raum mit allen den Millionen Sternen, die er enthält, sich um die Erde in 24 Stunden drehen könne. Liegt vielleicht auch hier eine Täuschung zum Grunde? Aber wir können jetzt in unsern Betrachtungen unmöglich weiter fortfahren, ohne erst zu fragen, ob wir unsern Lesern, ohne gewisse mathematische Vorkenntnisse bei ihnen vorauszusetzen, auch ganz verständlich sein werden. Da wir nun diese Voraussetzung gewiß nicht bei Allen annehmen dürfen, so wollen wir einige Lehrsätze aus der Mathematik vorausschicken, deren Kenntniß zur deutlichen Einsicht in die folgenden Lehren der Astronomie durchaus nothwendig ist, und uns bemühen, dieselben so verständlich zu machen, als es für Laien in dieser Wissenschaft möglicher Weise geschehen kann.

Zweiter Abschnitt.

Von den für unsern Zweck wichtigsten Lehrsätzen der Mathematik.

§. 11.

Aus der mathematischen Rechenkunst entlehnen wir folgende Sätze:

1) Um anzudeuten, daß eine Größe der andern gleich sei, setzt man zwischen beide das Zeichen =, welches åqual oder gleich gelesen wird, z. B. 2 Thlr. = 3 Gulden.

2) Um die Ungleichheit zweier Größen anzudeuten, setzt man zwischen beide das Zeichen > und zwar so, daß die Oeffnung dem Größern zugekehrt wird; es wird gelesen: ist größer als, oder ist kleiner als, z. B. $8 > 5$; $3 < 7$.

3) Größen zusammenrechnen, heißt addiren, die einzelnen Größen Summanden, die Zahl, die ihnen allen zusammengenommen gleich ist, die Summe. Das Zeichen der Addition ist +, welches plus gelesen wird; z. B. $6 + 3 = 9$.

4) Beim Abziehen oder Subtrahiren heißt die Zahl, von welcher eine andere weggenommen wird, der Minuendus, die Zahl, welche man wegnimmt, der Subtrahendus, das, was übrig bleibt, der Rest, der Unterschied, die Differenz. Das Zeichen der Subtraction ist ein Querstrich (—, minus, weniger); links steht der Minuendus, rechts der Subtrahendus, z. B. $12 - 8 = 4$.

5) Zahlen, die mit einander multiplicirt werden, heißen Factoren; was herauskommt, das Produkt. Das Zeichen der Multiplication ist ein Punkt oder ein $\times$, welches zwischen die Factoren gesetzt wird und mal gelesen wird, z. B. $6 . 8$ oder $6 \times 8 = 48$.

6) Die Zahl, welche durch eine andere dividirt wird, heißt der Dividendus; die andere, durch welche die erstere dividirt wird, der Divisor, und das, was herauskommt, der Quotient. Um eine Division anzudeuten, wird entweder der Dividendus oben, der Divisor darunter und zwischen beide ein Querstrich gesetzt, z. B. $\frac{24}{6} = 4$; oder der Dividendus links, der Divisor rechts und zwischen beide ein Doppelpunkt gesetzt, z. B. 24 : 6 = 4. Beide Zeichen werden dividirt durch gelesen.

7) Wenn ein aus zwei Faktoren bestehendes Produkt durch den einen Faktor dividirt wird, so ist der andere Faktor allemal der Quotient; z. B. 4 . 9 = 36, also $\frac{36}{4}$ = 9 und $\frac{36}{9} = 4$.

8) Der Quotient, mit dem Divisor multiplicirt, gibt zum Produkte den Dividendus, z. B. $\frac{24}{6} = 4$, also 4 . 6 = 24.

9) Wenn zwei oder mehrere Produkte, in denen eine und dieselbe Zahl als Faktor vorkommt, oder welche einen gemeinschaftlichen Faktor haben, addirt oder subtrahirt werden sollen, so kann man, theils der Abkürzung, theils einer deutlichern Uebersicht wegen, den gemeinschaftlichen Faktor nur einmal und dann die andern mit ihren Additions- oder Subtraktionszeichen in eine Klammer daneben setzen. Man rechnet dann erst aus, was in der Klammer steht und multiplicirt das Herausgekommene mit dem gemeinschaftlichen Faktor, z. B. 72 ist = 8 . 9; 32 = 8 . 4; 40 = 8 . 5; 56 = 8 . 7; 16 = 8 . 2; also ist 72 + 32 — 40 + 56 — 16 = 8 (9 + 4 — 5 + 7 — 2) = 8 . 13 = 104.

10) Brüche, deren Nenner 10 oder doch Produkte aus lauter 10 sind, z. B. 100, 1000, 10000, heißen Decimalbrüche. Man schreibt diese Nenner gar nicht mit, weil sie sich leicht dazu denken lassen, sondern bloß die Ziffern des Zählers und zwar mit den Ganzen in eine Linie, macht aber da, wo die Ganzen aufhören, ein Komma, das Einerkomma genannt, um zu wissen, wo der Bruch anfängt.

Was also rechts von diesem Komma steht, ist der Bruch, was links steht, die ganze Zahl. Die einzelnen Ziffern des Bruchs heißen Decimalstellen. Sind keine Ganzen da, so wird ihr Mangel durch eine Null vor dem Einerkomma angezeigt. Die einzelnen Decimalstellen liest man von der Linken zur Rechten: Zehntel, Hunderttel, Tausendtel u. s. w. und deutet so zugleich die Nenner derselben an. Fehlen zu diesen Ordnungen gehörige Ziffern, so werden dafür Nullen geschrieben, z. B. 6,38 (6 Ganze, 3 Zehntel, 8 Hunderttel); 0,405 (keine Ganze, 4 Zehntel, 5 Tausendtel); 0,00806 (keine Ganze, 8 Tausendtel, 6 Hunderttausendtel).

11) Addiren und Subtrahiren solcher Brüche geschieht, wie bei ganzen Zahlen, z. B.

Addition.

8,795
0,6384
3,257906
0,0084
12,699706

Subtraktion.

Minuend. 8,073054
Subtrahend. 3,298706
Rest 4,774348

12) Das Multipliciren geschieht auch wie bei ganzen Zahlen. Um im Produkte die Ganzen zu bestimmen, schneidet man von der Rechten zur Linken so viel Decimalstellen ab, als beide Faktoren zusammen haben, und macht nun das Einerkomma, z. B.

3,482
2,739
31338
10446
24374
6964
9,537198

0,485
0,027
3395
970
0,013095

13) Die Division geschieht auch, wie bei ganzen Zahlen; im Quotienten werden von der Rechten zur Linken so viel Decimalstellen abgeschnitten, als der Dividendus mehr hat, wie der Divisor. Wären vielleicht nicht genug Ziffern da, so ersetzt man die fehlenden links durch Nullen. Geht überhaupt eine Division nicht auf, so kann man an den gebliebenen Rest Nullen hängen und sonach Decimalstellen suchen, um den Quotienten genauer zu machen, z. B.

0,32|0,4096|1,28 | 8,76|0,021024|0,0024
32 | 1752
89 | 3504
64 | 3504
256
256

47|23,1|0,49148 = = = =
188
430
423
70
47
230
188
420
376
44 u. s. w.

14) Größen heißen entgegengesetzt, wenn sie beim Zusammenrechnen sich gegenseitig vermindern, wie z. B. 8 Thlr. Vermögen und 5 Thlr. Schuld. Die eine derselben heißt positiv und wird mit +, die andere negativ und wird mit — bezeichnet, z. B. 8 Thlr. Vermögen = + 8; 5 Thlr. Schuld = — 5.

15) Beim Gleichartigen ist Addiren wie gewöhnlich, z. B. + 8 und + 5 = + 13; — 6 und — 3 = — 9. Beim Ungleichartigen wird das Kleinere vom Größern weggenommen, z. B. + 12 und — 8 = + 4; — 15 und + 9 = — 6; — 3 und + 7 = + 4; + 5 und — 9 = — 4.

16) Das Subtrahiren geschieht, wenn man dem Subtrahendus das entgegengesetzte Zeichen gibt und dann addirt, z. B. von + 15 subtrahirt + 8 = + 15 und — 8 = + 7. Von + 3 subtrahirt + 9 = + 3 und — 9 = — 6. Von + 7 subtrahirt — 12 = + 7 und + 12 = + 19. Von — 3 subtrah. + 8 = — 3 und — 8 = — 11. Von — 5 subtrah. — 9 = — 5 und + 9 = + 4.

15) Beim Multipliciren wird das Produkt positiv,

wenn die Faktoren einerlei Zeichen haben; negativ bei verschiedenen Zeichen, z. B. $+ 8 . + 4 = + 32$; eben so $- 8 . - 4 = + 32$, aber $+ 8 . - 4 = - 32$, desgleichen $- 8 . + 4 = - 32$.

18) Haben Divisor und Dividendus einerlei Zeichen, so wird der Quotient positiv; haben sie verschiedene, so wird er negativ, z. B. $\frac{+ 12}{+ 3} = + 4$; $\frac{- 12}{- 3} = + 4$; dagegen $\frac{+ 12}{- 3} = - 4$, und $\frac{- 12}{+ 3} = - 4$.

19) Steht eine positive Größe unter mehrern andern zuerst, so läßt man das Zeichen + weg, z. B. $8 - 7 + 3$, wo 8 so viel als $+ 8$ ist.

20) Wenn man eine Zahl wiederholt mit sich selbst multiplicirt, so heißt das Produkt eine Potenz der Zahl, und diese selbst die Wurzel der Potenz. Je nachdem das Produkt aus 2, 3, 4 gleichen Faktoren besteht, heißt die Potenz die 2te, 3te, 4te. Um dies zu bezeichnen, setzt man rechts über die Wurzel eine kleine Ziffer, welche die Zahl der gleichen Faktoren angibt und Exponent heißt, z. B. $3^2 = 3 . 3 = 9$; $6^3 = 6 . 6 . 6 = 216$. Dies wird gelesen: 3 in der 2ten Potenz ist gleich 9; 6 in der 3ten Potenz ist gleich 216. Die Zahl 3 im Beispiele heißt die Wurzel der 2ten Potenz von 9, und 6 die Wurzel der 3ten Potenz von 216. Der Ausdruck Wurzel wird durch das Zeichen $\surd$ angedeutet, in dessen Oeffnung man den Exponenten der Potenz schreibt, von der die Wurzel gemeint ist, z. B. $3 = \sqrt[2]{9}$; $6 = \sqrt[3]{216}$. Bei der Wurzel der 2ten Potenz läßt man aber den Exponent 2 weg und schreibt bloß $3 = \surd 9$. Statt der zweiten Potenz sagt man auch Quadrat und statt der 3ten auch Kubus; eben so statt der Wurzel der 2ten und 3ten Potenz auch Quadrat- und Kubikwurzel.

Eine Quadrat- oder Kubikwurzel ausziehen, heißt eine Zahl finden, die, zum Quadrate oder Kubus erhoben, die gegebene Zahl giebt. So ist $\surd 64 = 8$, weil $8 . 8$ oder $8^2 = 64$ ist; und $\sqrt[3]{27} = 3$, weil $3 . 3 . 3$ oder $3^3 = 27$ ist.

21) Wenn man 2 Größen zusammenstellt, um sie mit einander zu vergleichen, d. h. zu untersuchen, wie viel-

mal die zweite größer oder kleiner ist, als die erste, so heißt diese Zusammenstellung ein Verhältniß und die beiden Zahlen die Glieder desselben. Um ein Verhältniß zu bezeichnen, macht man zwischen die Glieder 2 Punkte über einander. Die Zahl, welche angibt, wie vielmal das zweite Glied größer oder kleiner ist, als das erste, heißt der Exponent. Z. B. In dem Verhältnisse 4 : 8 ist der Exponent = 2 und in dem Verhältnisse 9 : 3 ist der Exponent = $\frac{1}{3}$.

22) Zwei gleiche Verhältnisse, d. h. solche, die einerlei Exponenten haben, bilden eine Proportion, die durch das Zeichen = bezeichnet wird, z. B. 4 : 8 = 3 : 6, welches gelesen wird: 4 verhält sich zu 8 wie 3 zu 6. Sind die beiden mittlern Glieder einerlei, so heißt die Proportion eine stetige, z. B. 8 : 12 = 12 : 18.

23) In jeder Proportion ist das Produkt der äußern Glieder, d. h. des 1sten und 4ten, so groß wie das Produkt der mittlern Glieder, d. h. des 2ten und 3ten. Z. B. in den obigen Proportionen ist 4 . 6 = 8 . 3, und 8 . 18 = 12 . 12 = 12^2. Hierauf beruhet die Regel de tri, d. h. die Aufgabe, zu 3 gegebenen Größen die 4te Proportionalzahl zu finden. Es geschieht, wenn man die 2te mit der 3ten multiplicirt und das Produkt durch die 1ste dividirt; der Quotient ist dann das gesuchte 4te Glied. Soll z. B. zu 8, 6 und 12 das vierte Glied gesucht werden, so ist dies = $\frac{6 \cdot 12}{8}$ = 9, denn es verhält sich 8 : 6 = 12 : 9.

24) Hat man umgekehrt zwei gleich große Produkte, deren jedes aus 2 Faktoren besteht, so läßt sich aus diesen 4 Zahlen eine Proportion bilden, indem man die Faktoren des einen Produkts zu den äußern und die Faktoren des andern Produkts zu den mittlern Gliedern macht. Da z. B. 3 . 8 = 4 . 6 ist, so verhält sich 3 : 4 = 6 : 8, oder auch 4 : 3 = 8 : 6.

25) Um eine Zahl, überhaupt eine Größe ganz allgemein anzudeuten, bedient man sich der Buchstaben und zwar gewöhnlich des kleinen lateinischen Alphabets, die ersten für bekannte, die letzten (z. B. x, y, z) für unbekannte, erst zu suchende Größen. Ein solcher Buchstabe bedeutet also jede mögliche Zahl und alles, was von jenem

gilt, wird auch von dieser gelten. Es bedeutet daher a + b alle mögliche Summen zweier Größen, a — b alle Differenzen, a . b oder bloß ab alle Produkte $\frac{a}{b}$ alle Quotienten, a^m jede mögliche Potenz, $\sqrt[m]{a}$ jede mögliche Wurzel und a : b = c : d alle mögliche Proportionen.

26) Von den mathematischen Grundsätzen bemerken wir folgende:

a. Wenn 2 Größen einerlei dritten Größe gleich sind, so sind sie einander selbst gleich. Wenn wir z. B. wissen, daß 2 Thlr. = 48 gr. und 3 Gulden auch = 48 gr. sind, so folgt, daß 2 Thlr. = 3 Gulden sein müsse.

b. Wenn man zu gleichen Größen Einerlei addirt oder davon abzieht, oder jede derselben mit einerlei Zahl multiplicirt oder dadurch dividirt, so muß wieder Gleiches herauskommen. Ist z. B. 2 Thlr. = 3 Gulden, so ist auch 2 Thlr. + 8 gr. = 3 Guld. + 8 gr., desgleichen 2 thlr. — 8 gr. = 3 Gulden — 8 gr.; ferner 2 Thlr. . 5 = 3 Guld. . 5, und $\frac{2 \text{ Thlr.}}{4} = \frac{3 \text{ Guld.}}{4}$

c. Wenn 2 Verhältnisse einerlei drittem gleich sind, so sind sie einander selbst gleich.

Wenn z. B. 4 : 8 = 6 : 12
und 5 : 10 = 6 : 12
so ist auch 4 : 8 = 5 : 10

§. 12.

Aus der ebenen Geometrie heben wir folgende Sätze aus:

1) Gerade ist eine Linie, wenn sie immer nach einerlei Richtung fortgeht, krumm, wenn sie ihre Richtung beständig ändert. Sehr kleine krumme Linien kann man als gerade ansehen, weil sich ihre Krümmung nicht mehr unterscheiden läßt. Jede Linie hat nur eine Ausdehnung in die Länge, nicht in die Breite und Dicke.

2) Ein Punkt ist die Grenze der Linie, daher ohne Länge, Breite und Dicke.

3) Zwei gerade Linien können sich nur einmal schneiden, denn nachdem sie sich einmal durchkreuzt haben, kommen sie nie wieder zusammen.

4) Eine Fläche ist eine Ausdehnung in die Länge und Breite; ihre Grenzen sind Linien. Kann man auf einer Fläche nach jeder Richtung gerade Linien ziehen, so heißt sie eine ebene Fläche, eine Ebene, z. B. die Fläche einer Wand, eines Tisches. Kann man dieses nicht, so ist die Fläche krumm, z. B. die Oberfläche einer Kugel, die Seitenfläche einer Walze, eines Trinkglases. Ganz kleine Theile einer krummen Fläche kann man auch als eben ansehen.

5) Ein Körper ist ein Raum, der in die Länge, Breite und Dicke ausgedehnt ist, also von Flächen begrenzt wird, entweder von lauter ebenen, oder von lauter krummen, oder von beiden zugleich.

6) Wenn (Fig. 2.) zwei gerade Linien, z. B. **AC** und **BC** in einen Punkt zusammenkommen, so heißt der zwischen ihnen befindliche Raum ein Winkel. Die Linien **AC** und **BC** selbst heißen die Schenkel, der Punkt **C**, wo sie zusammenkommen, die Spitze oder der Scheitel des Winkels. Man benennt einen Winkel entweder nach dem Buchstaben an der Spitze, z. B. der Winkel **C**, oder nach einem kleinen zwischen die Schenkel geschriebenen Buchstaben, z. B. der Winkel **m**, oder durch alle 3 an der Spitze und den Schenkeln befindliche Buchstaben und zwar so, daß der an der Spitze zwischen die beiden andern gesetzt wird, z. B. der Winkel **ACB**.

7) Die Größe eines Winkels hängt nicht von der Länge der Schenkel, sondern von der Größe ihrer Oeffnung ab. So ist Fig. 2. Winkel **DCB** größer als Winkel **ACB**.

8) Verlängert man den einen Schenkel eines Winkels über seine Spitze hinaus, so entsteht noch ein zweiter Winkel, der der Nebenwinkel des erstern genannt wird, z. B. Fig. 2. ist **DCB** der Nebenwinkel von **ACB**, aber auch **ACB** der Nebenwinkel von **DCB**. Ist Fig. 3. der eine so groß als der andere, z. B. **ACB** = **BCD**, so heißt jeder von ihnen ein rechter und von der Linie **BC**, die mit **AD** solche rechte Winkel bildet, sagt man, sie stehe senkrecht, normal, perpendikulär auf **AD**. Der rechte Winkel wird durch **R**, das Senkrechte einer Linie durch ⊥ bezeichnet, z. B. **ACB** = **R**; **BC** ⊥ **AD**. Sind aber die Nebenwinkel ungleich, wie **DCB** und **ACB** (Fig. 2.), so heißt der kleinere ein spitzer, der größere ein stumpfer, beide auch schiefe, denn die Linie **BC** steht schief auf **AD**.

9) Zwei Nebenwinkel machen zusammen immer so viel aus, als zwei rechte Winkel. Sind sie einander gleich, wie Fig. 3., so ist die Sache für sich klar; sind sie aber ungleich (Fig. 2.), so ist der stumpfe **BCD** so viel größer als ein rechter, so viel der spitze **ACB** kleiner ist. Beides compensirt sich also gegenseitig.

10) Liegt der zweite Schenkel eines Winkels mit seinem ersten in einer geraden Linie, wie Fig. 4. **EG** und **GF**, so heißt der Winkel ein gestreckter und ist immer so groß als 2 rechte Winkel. Denkt man sich Fig. 5. den Schenkel **GF** noch mehr herumgebogen, so entsteht ein convexer, überstumpfer Winkel, der größer als 2 rechte ist. Alle andere Winkel, die kleiner als 2 rechte sind, heißen konkave.

11) Wenn sich 2 gerade Linien schneiden, so heißen die einander gegenüber stehenden Winkel Scheitelwinkel, Verticalwinkel, wie Fig. 6. die Winkel **x** und **y**, desgleichen **m** und **n**. Solche Scheitelwinkel sind immer einander gleich, **x = y** und **m = n**.

12) Wenn zwei gerade, in Einer Ebene befindliche Linien so neben einander fortlaufen, daß sie niemals zusammenkommen, wenn man sie auch noch so weit verlängert, wie **AB** und **CD** (Fig. 7.), so heißen sie Parallellinien. Werden sie von einer dritten **EF** durchschnitten, so entstehen an jedem Durchschnittspunkte 4 Winkel, die besondere Namen führen. Winkel, wie **o** und **u**, oder wie **p** und **q**, heißen Wechselwinkel; Winkel, wie **p** und **n**, wie **x** und **u**, wie **q** und **m** und wie **o** und **z** gleichliegende, und Winkel, wie **p** und **u**, oder wie **o** und **q**, einseitige innere Winkel.

13) Es wird in der Geometrie strenge bewiesen, daß, wenn 2 gerade Linien von einer dritten durchschnitten werden, diese Linien allemal parallel sein müssen, wenn:

a. die gleichliegenden Winkel einander gleich sind, z. B. **u = x.**

b. die Wechselwinkel einander gleich sind, z. B. **u = o** und

c. die einseitigen innern Winkel zusammen so groß als zwei rechte Winkel sind, z. B. **p + u = 2 R.**

Eben so kann man umgekehrt aus dem Parallelismus zweier Linien auf die Gleichheit jener Winkel schließen.

14) Sind die in Einer Ebene befindlichen Linien nicht parallel, so nähern sie sich auf der einen Seite und gehen auf der andern aus einander wie **AB** und **CD** Fig. 8. Nach der ersten Richtung heißen sie convergirend, nach der letztern divergirend.

15) Jede von Linien umgrenzte Fläche heißt eine Figur. Die Umgrenzung kann von geraden und krummen Linien geschehen. Ist die Fläche eben, so entsteht eine ebene Figur. Solche werden nach der Anzahl ihrer Seiten oder auch ihrer Winkel oder Ecken benannt, z. B. Dreieck, Viereck, Fünfeck.

16) Ein Kreis (Fig. 9.) entsteht, wenn eine gerade Linie um den einen festgehaltenen Endpunkt so lange herumbewegt wird, bis sie wieder in ihre erste Lage kommt. Der andere Endpunkt dieser Linie beschreibt also eine krumme Linie, die überall von dem ersten festgehaltenen Punkte gleich weit entfernt ist. Der letztere Punkt heißt daher der Mittelpunkt, das Centrum, die umgrenzende krumme Linie der Kreisumfang oder die Peripherie, und jeder Theil derselben, z. B. **AB** oder **BD** ein Bogen. Linien, die vom Centrum nach der Peripherie gezogen sind, heißen Halbmesser, Radien, und sind alle von gleicher Größe. Eine gerade Linie durch den Kreis von einem Punkte der Peripherie bis zu einem andern heißt eine Sehne, Chorde, wie **EF**. Geht die Sehne durch den Mittelpunkt, so wird sie ein Durchmesser, Diameter, wie **AG**. Alle Durchmesser sind einander gleich, denn jeder ist doppelt so groß als ein Halbmesser. Jede Sehne, z. B. **EF**, theilt die Kreisfläche in 2 Abschnitte, Segmente, in den kleinern **EHF** und in den größern **FDBAE**. Der Durchmesser theilt den Kreis in 2 gleiche Hälften, Halbkreise. Zieht man in einem Kreise 2 Halbmesser, so heißt das zwischen ihnen befindliche Stück der Kreisfläche ein Ausschnitt, Sektor, z. B **ACB** oder **BCD**. Eine gerade Linie, welche den Kreis nur in Einem Punkte berührt und außerdem ganz außerhalb desselben liegt, wie **IK**, die den Kreis im Punkte **H** berührt, heißt eine Tangente oder Berührungslinie.

17) Zieht man in einem Kreise Fig. 10. 2 Durchmesser **AB** und **ED** senkrecht auf einander, so entstehen um den Punkt **C** herum 4 rechte Winkel, und der ganze Kreis,

so wie auch seine Peripherie wird dadurch in 4 gleiche Theile getheilt, also Bogen **AD = DB = BE = EA**. Ein solcher Viertelkreis heißt ein Quadrant. Auf die Größe des Kreises kommt hierbei nichts an. Der Quadrant ist daher allemal das Maß des rechten Winkels. Ueberhaupt wird die Größe eines Winkels durch den zwischen seinen Schenkeln befindlichen Kreisbogen, der aus seiner Spitze beschrieben ist, bestimmt werden. Je größer der Winkel ist, desto größer ist auch der Bogen und umgekehrt.

Darum bedient man sich der Kreisbogen, um die Größe eines Winkels zu bestimmen. Zu dem Ende theilt man die Peripherie in 360 gleiche Theile, welche Grade heißen, jeden Grad aber in 60 Minuten, jede Minute in 60 Sekunden, und bezeichnet die Grade durch (°), die Minuten durch (′), und die Sekunden durch (″), z. B. 48° 37′ 28″. Die Anzahl der Theile ist also immer dieselbe, nur sind in größern Kreisen die einzelnen Theile größer als in kleinern.

Da man aber bei Winkeln nur auf die Menge, nicht auf die Größe der Theile sieht, so wird der zwischen ihren Schenkeln befindliche Bogen allemal die Größe derselben bestimmen, er mag nun mit einem größern oder kleinern Halbmesser beschrieben sein. Gewöhnlich bedient man sich auf dem Papiere eines in seine Grade getheilten Halbkreises (Transporteur genannt) zum Winkelmessen, außerdem anderer, oft mit äußerster Kunst und Genauigkeit verfertigter Instrumente, z. B. Quadranten, Sextanten, wenn der Kreisbogen 90° oder 60° enthält, u. m. a.

18) Durchmesser und Peripherie eines Kreises haben allemal ein bestimmtes Verhältniß zu einander, so daß man das Eine aus dem Andern berechnen kann. Setzt man nämlich den Durchmesser = 1, so ist die Peripherie = 3,1415926, welche Zahl gewöhnlich mit dem griechischen Buchstaben π (Pi) bezeichnet und Umfangszahl genannt wird. Ist umgekehrt die Peripherie = 1, so ist der Durchmesser = 0,3183095, welche Zahl man mit δ (Delta) bezeichnet. Ist nun ein Kreis gegeben, dessen Umfang man finden will, so mißt man dessen Durchmesser und multiplicirt denselben mit der Zahl π und ist umgekehrt die Größe des Umfangs bekannt, so multiplicirt man denselben mit der Zahl δ, so erhält man den Durchmesser. Es sei der Durchmesser eines Kreises 6 Zoll, so hat der Umfang

18,8495556 Zoll, oder wenn man den Bruch abkürzt, 18 Zoll, 8 Linien, 5 Skrupel.

19) Kreise, aus einerlei Mittelpunkt mit verschiedenen Halbmessern beschrieben, heißen koncentrische Kreise, wie Fig. 10.

20) Eine von 3 Linien begrenzte Figur ist ein Dreieck und wird durch △ bezeichnet. Ist die Figur eben und sind die Seiten gerade Linien, so ist sie ein geradliniges Dreieck, auch Dreieck schlechtweg genannt. Sind alle 3 Seiten einander gleich, so ist es ein gleichseitiges, sind nur 2 Seiten gleich, ein gleichschenkliges. Ist ein Winkel im Dreieck ein rechter oder ein stumpfer, so ist es ein rechtwinkliges und stumpfwinkliges; sind alle Winkel spitze, ein spitzwinkliges. **ABC** (Fig. 11.) ist gleichseitig; **DEF** (Fig. 12.) gleichschenklig, **GHI** (Fig. 13.) rechtwinklig und **KLM** stumpfwinklig. Eine Seite des Dreiecks, welche man will, heißt die Grundlinie, der gegenüberliegende Winkel die Spitze und eine Linie senkrecht von der Spitze auf die Grundlinie, die Höhe. Ist Fig. 11. die Seite **AB** die Grundlinie, so ist **CN** die Höhe; ist **AC** die Grundlinie, so ist **BO** die Höhe. Ist Fig. 14. im stumpfwinkligen Dreiecke eine der Seiten, die den stumpfen Winkel einschließen, die Grundlinie, so fällt die Höhe außerhalb des Dreiecks, z. B. für **LM** ist sie **NQ** und für **NL** ist sie **MP**. Im rechtwinkligen Dreieck heißt die dem rechten Winkel gegenüberstehende Seite **GI** die Hypotenuse, die ihn einschließenden Seiten **GH** und **IH** die Katheten. Ist eine Kathete die Grundlinie, so ist allemal die andere die Höhe, weil sie senkrecht auf einander stehen.

21) In jedem Dreiecke ist die Summe aller Winkel zusammen gleich 2 rechten oder 180°. Kennt man daher 2 Winkel eines Dreiecks, so ist auch der dritte bekannt.

22) Im gleichseitigen Dreieck sind alle Winkel einander gleich, also jeder = 60°.

22) Im gleichschenkligen Dreiecke sind die den gleichen Schenkeln gegenüberstehenden Winkel einander gleich, z. B. Fig. 12. Winkel x = y.

24) Eine Figur deckt die andere, wenn sie so auf dieselbe gelegt werden kann, daß alle Seiten und Winkel

genau auf einander fallen, so daß nirgends etwas hervorragt oder fehlt. Das Zeichen der Deckung ist ≅.

25) Dreiecke sind in 3 Fällen deckend:

a. wenn eine Seite mit den beiden anliegenden Winkeln in dem einen Dreieck so groß ist, wie in dem andern, z. B. wenn Fig. 15. die Seite **AB = DE; o = p** und **u = q** ist, so ist △ **ABC** ≅ △ **DEF**, daher **AC = DF** und **BC = EF**, auch **m = n.**

b. wenn 2 Seiten mit dem eingeschlossenen Winkel in beiden gleich groß sind, z. B. wenn Fig. 15. **AB = DE, AC = DF** und **o = p** ist, so ist △ **ABC** ≅ △ **DEF** und daher **BC = EF; q = u** und **m = n.**

c. wenn die 3 Seiten des einen so groß wie die 3 Seiten des andern sind, z. B. wenn Fig. 15. **AB = DE, AC = DF, BC = EF**, so ist △ **ABC** ≅ △ **DEF**, und daher **o = p, u = q, m = n.**

In allen diesen Fällen werden die Dreiecke genau auf einander passen, wie sich leicht einsehen läßt.

26) In jedem Dreiecke steht die größere Seite dem größern Winkel und umgekehrt gegenüber. Ist Fig. 15. die Seite **BC > AC**, so ist auch **o > u** und ist **o > u**, so ist auch **BC > AC.**

27) Zwei Seiten eines Dreiecks sind zusammen größer als die dritte, z. B. Fig. 15. ist **AB + AC > BC.**

28) Wenn Fig. 15. eine Seite eines Dreiecks, z. B. **DE** verlängert wird, so ist der dadurch entstandene äußere Winkel **FEG** so groß, als die beiden innern entgegenstehenden **p + n** zusammengenommen.

29) Eine von 4 Seiten begrenzte Figur heißt ein Viereck. Sind die gegenüberstehenden Seiten einander parallel, so ist das Viereck ein Parallelogramm, wie **ABCD** Fig. 16. Eine Querlinie durch dasselbe von einer Ecke zur andern, wie **DB**, heißt eine Diagonale. Sie theilt das Parallelogramm in 2 sich deckende Dreiecke; daher auch in jedem Parallelogramme die gegenüberstehenden Seiten und Winkel einander gleich sind. Hat das Parallelogramm lauter rechte Winkel, so heißt es ein Rechteck, und sind überdies auch alle Seiten einander gleich,

so ist es ein Quadrat. Auch bei Parallelogrammen nennt man eine Seite die Grundlinie, z. B. AB, und eine von der gegenüberstehenden Seite senkrecht auf die Grundlinie gezogene Linie die Höhe, z. B. EF.

Vierecke, bei denen die gegenüberstehenden Seiten gar nicht, oder nur 2 derselben parallel sind, heißen Trapezien, wie GHIK oder LMNO (Fig. 17.)

30) Der Flächeninhalt eines Rechtecks wird gefunden, wenn man seine Grundlinie und Höhe nach einerlei Maß mißt und beide mit einander multiplicirt. Es sei Fig. 18. die Grundlinie AB = 8 Zoll, die Höhe AD = 6 Zoll, so ist die Fläche 48 Quadratzoll. Man braucht nur diesen Maßen gemäß die Seiten des Rechtecks einzutheilen, so entstehen so viel Quadratzolle, als das Produkt angibt.

31) Wenn Parallelogramme einerlei oder gleiche Grundlinien und gleiche Höhen haben, oder zwischen den nämlichen Parallellinien liegen, so haben sie gleichen Flächenraum, die Gestalt mag übrigens sein, welche sie will. Die Figuren 19., 20. und 21. überzeugen schon durch den Augenschein, daß in jeder das Parallelogramm ABCD eine eben so große Fläche habe, wie das Parallelogramm ABFE.

32) Daher läßt sich jedes Parallelogramm als ein Rechteck ansehen und folglich sein Flächenraum finden, wenn man Grundlinie und Höhe desselben mit einander multiplicirt.

33) Ein Dreieck ist halb so groß als ein Parallelogramm, mit dem es gleiche Grundlinie und Höhe hat oder zwischen einerlei Parallelen liegt. Legt man Fig. 22. an △ ABC ein deckendes CBD, so entsteht das Parallelogramm ABDC, von dem △ ABC die Hälfte ist; aber ABDC ist auch wieder so groß als ABFE, oder jedes andere Parallelogramm, das mit ABDC gleiche Grundlinie und Höhe hat, also ist △ ABC auch von diesem die Hälfte. Daher ist △ ABC auch = △ ABF, weil △ ABF auch = $\frac{1}{2}$ ABFE ist. Folglich sind im Allgemeinen alle Dreiecke einander gleich, welche gleiche Grundlinien und Höhe haben, ihre Gestalt mag übrigens sein, welche sie will.

34) Daher wird man die Fläche jedes Drei-

ecks finden, wenn man seine Grundlinie und Höhe mit einander multiplicirt und das Produkt halbirt, oder wenn man gleich die ganze Grundlinie mit der halben Höhe, oder die halbe Grundlinie mit der ganzen Höhe multiplicirt.

35) Wenn die Grundlinien zweier Dreiecke in einer und derselben geraden Linie liegen und ihre Spitzen in Einem Punkte zusammenfallen, so haben sie gleiche Höhe. In Fig. 23. ist dies bei den Dreiecken **ABC** und **CBD** der Fall, denn wenn man von **C** die Normale **CE** auf **AB** fällt, so ist sie sowohl die Höhe des △ **ABC** als des △ **CBD**.

36) Figuren sind einander ähnlich, wenn sie verschiedene Größe, aber einerlei Gestalt haben. In solchen Figuren sind die gleichliegenden Winkel gleich groß und die gleichliegenden Seiten einander proportionirt, d. h. so vielmal eine Seite der ersten Figur größer oder kleiner ist als die gleichliegende Seite der zweiten, so vielmal ist auch eine andere Seite der ersten Figur größer oder kleiner als die gleichliegende der zweiten. Ist Fig. 24. das Fünfeck **ABCDE** ähnlich dem Fünfeck **abcde**, so ist **h = n, i = o, k = p, l = q, m = r** und es verhält sich **AB : ab = BC : bc = CD : cd = DE : de = EA : ea**. Das Zeichen der Aehnlichkeit ist ∾.

37) Dreiecke sind einander ähnlich, wenn

a. die Winkel des einen den gleichliegenden Winkeln des andern gleich sind, **o = q, u = r, p = s** (Fig. 25.). Eigentlich braucht man dies nur von 2 Winkeln zu wissen, da es sich vom 3ten Winkel von selbst versteht.

b. wenn 2 Seiten des einen mit 2 Seiten des andern Dreiecks proportionirt und der dazwischenliegende Winkel in beiden gleich ist, also wenn Fig. 25. **AB : ab = AC : ac** und Winkel **o = q** ist.

c. wenn alle Seiten des einen den gleichliegenden Seiten des andern Dreiecks proportionirt sind, also wenn Fig. 25. **AB : ab = AC : ac = BC : bc** ist.

Alle diese Sätze werden in der Geometrie strenge bewiesen, hier können wir uns mit dem Augenschein begnügen.

38) Wenn in einem Dreiecke eine Linie parallel mit einer Seite gezogen wird, so ist das abgeschnittene Dreieck dem ganzen ähnlich, also Fig. 26. △ DEC ∽ △ ABC, denn es ist Winkel m = o und n = p.

39) In jedem rechtwinkligen Dreiecke ist das Quadrat der Hypothenuse so groß wie die Quadrate der beiden Katheten zusammen genommen. Es sei z. B. Fig. 13. die Hypothenuse GI = 13 Zoll, die Kathete GH = 5 Zoll und die Kathete HI = 12 Zoll, so ist das Quadrat von GI = 169, das Quadrat von GH = 25 und das Quadrat von HI = 144, und es ist 169 = 25 + 144.

40) Wenn man daher die Größe beider Katheten kennt, ihre Quadrate zusammen addirt und aus der Summe die Quadratwurzel zieht, so findet man die Größe der Hypothenuse; denn wenn $GI^2 = GH^2 + HI^2$ ist, so ist $GI = \sqrt{(GH^2 + HI^2)}$

41) Zieht man das Quadrat der einen Kathete vom Quadrate der Hypothenuse ab, so bleibt das Quadrat der andern Kathete übrig und die Wurzel desselben ist also die andere Kathete selbst; denn wenn $GI^2 = GH^2 + HI^2$, so ist $GI^2 - GH^2 = HI^2$ und $\sqrt{(GI^2 - GH^2)} = HI$.

42) Die Flächen ähnlicher Dreiecke und überhaupt ähnlicher Figuren verhalten sich zu einander, wie die Quadrate ihrer gleichliegenden Seiten, also z. B. Fig. 25. △ ABC : △ abc = AB^2 : ab^2 = AC^2 : ac^2 = BC^2 : bc^2. Eben so Fig. 25. ABCDE : abcde = AB^2 : ab^2 = BC^2 : bc^2 u. s. w.

43) Bei jedem Kreise steht der nach dem Berührungspunkte einer Tangente gezogene Halbmesser auf der Tangente senkrecht, also Fig. 10. der Halbmesser CB senkrecht auf die Tangente GB. Im Berührungspunkte fällt die Tangente mit einem Punkte des Kreises zusammen, also steht der Halbmesser auch in diesem Punkte auf die Peripherie senkrecht. Umgekehrt muß auch jede auf der Tangente im Berührungspunkte senkrechte Linie durch den Mittelpunkt des Kreises gehen.

44) Ein Winkel, dessen Spitze im Umfange des Kreises liegt und dessen Schenkel also bis zur gegenüberstehen-

den Peripherie reichen, heißt ein Umfangs- oder Peripheriewinkel, z. B. ABD oder AED Fig. 27.; ein Winkel aber, dessen Spitze im Mittelpunkte liegt, ein Mittelpunkts- oder Centriwinkel, wie ACD Fig. 27. Stehen nun ein Umfangs- und ein Mittelpunktswinkel mit ihren Schenkeln auf einerlei Kreisbogen, wie die Winkel ABD und ACD, oder auch AED und ACD, so ist allemal der Umfangswinkel halb so groß als der Mittelpunktswinkel, also ABD oder AED $=\frac{1}{2}$ ACD oder umgekehrt ACD $=$ 2 ABD $=$ 2 AED. Denn da △ BCD gleichschenklig ist, so ist m $=$ x, aber der äußere Winkel o $=$ x $+$ m, also auch o $=$ 2 x.

45) Wenn daher ein Umfangswinkel, wie BEA, mit seinen Schenkeln auf einem Halbkreise steht, so ist er ein rechter Winkel, denn der Mittelpunktswinkel BCA ist jetzt ein gestreckter, folglich $=$ 2 R, daher BEA $=\frac{1}{2}$ BCA $=$ 1 R.

46) Die Fläche eines jeden Kreises wird gefunden, wenn man das Quadrat seines Halbmessers mit der Umfangszahl π multiplicirt. Es sei der Halbmesser $=$ 8, so ist die Fläche $=$ 8 . 8 . 3,14159.

47) Die Peripherien zweier Kreise verhalten sich zu einander, wie ihre Halbmesser oder Durchmesser, also Fig. 10. der Umfang des äußern Kreises zum Umfange des innern, wie AC : FC oder wie AB : FH.

48) Auch Bogen verschiedener Kreise, die gleichen Winkeln zugehören, verhalten sich zu einander, wie die Halb- oder Durchmesser der Kreise, z. B. Fig. 10. Bogen BE : Bogen HK $=$ CB : CH $=$ AB : FH.

49) Kreisflächen verhalten sich zu einander, wie die Quadrate der Halbmesser oder Durchmesser; also Fig. 10. die Fläche des äußern Kreises zur Fläche des innern, wie AC^2 zu FC^2 oder wie $AB^2 : FH^2$. Es sei AC $=$ 6 und FC $=$ 3, so verhält sich der Kreis mit AC zum Kreise mit FC wie 36 zu 9, d. h. der Kreis mit AC ist 4mal größer, als der Kreis mit FC.

50) Die Größe eines Kreisausschnitts hängt ab von der Größe des Mittelpunktswinkels, den seine beiden Halb-

messer einschließen. So ist Fig. 9. der Sektor **BCD** so vielmal größer, als der Sektor **ACB**, so vielmal Winkel **y** größer ist als **x**. Von den Winkeln hängen aber wieder die Größen ihrer Bogen ab, also werden sich auch die Ausschnitte wie ihre Bogen verhalten. Daher wird sich denn ein Ausschnitt zur ganzen Kreisfläche verhalten, wie der Bogen des Ausschnitts zum ganzen Kreisumfange, oder auch wie der Winkel des Ausschnitts zu 360°. Will man also einen Ausschnitt berechnen, so berechne man erst die ganze Kreisfläche und setze dann nach der Regel de tri auf: 360° verhält sich zum Winkel des Ausschnitts, wie die ganze Kreisfläche zur Fläche des Ausschnitts. Es sei der Halbmesser = r, so ist die Kreisfläche = πr^2, und ist der Winkel **BCD** = 100°, so verhält sich 360° : 100° = πr^2 : Ausschnitt, also dieser = $\frac{100}{360} . \pi r^2$.

51) Ausschnitte in verschiedenen Kreisen, aber mit gleichen Mittelpunktswinkeln, verhalten sich wie die Flächen ihrer Kreise, also auch wie die Quadrate ihrer Halb- oder Durchmesser.

§. 13.

Sätze aus der körperlichen Geometrie.

1) Eine gerade Linie steht senkrecht auf einer Ebene, wenn sie mit allen geraden Linien, die durch ihren Fußpunkt in der Ebene gezogen werden können, rechte Winkel macht. Dies ist aber der Fall, wenn sie auf 2 solchen Linien senkrecht steht. So wird Fig. 28. die Linie **AC** senkrecht auf der Ebene **BFDE** sein, wenn sie auf **BD** und **EF** in **C** senkrecht ist, also die Winkel **ACE**, **ACD**, **ACF** und **ACB** rechte Winkel sind.

2) Der Neigungswinkel zweier Ebenen gegen einander, z. B. Fig. 29. der Ebene **FGHI** gegen die Ebene **ABDE** ist der Winkel, welchen 2 Linien mit einander machen, die in jeder Ebene senkrecht auf den Durchschnitt beider Ebenen gezogen sind. In der Figur ist es der Winkel **LKM**, wenn **LK** in der Ebene **FGHI**, und **MK** in der Ebene **ABDE** senkrecht auf den Durchschnitt **FG** gezogen sind. Ist dieser Winkel ein rechter, so stehen die Ebenen senkrecht auf einander.

3) Ebenen sind einander parallel, wenn sie nirgends zusammenstoßen, so weit man sie auch nach allen Seiten hin verlängert.

4) Eine Linie, die auf eine von zwei parallelen Ebenen senkrecht gezogen ist, steht auch auf der andern Ebene senkrecht. Ist Fig. 30. die Linie **AD** senkrecht auf der Ebene **ABC**, so muß sie auch auf der ihr parallelen **DEF** senkrecht sein, weil die Winkel **DAB** und **ADE** zusammen zwei rechte betragen müssen (§. 12. Nr. 13. c.); ist daher **DAB = R**, so ist auch **ADE = R**.

5) Eben so einleuchtend ist auch, daß zwei Parallelebenen mit einer dritten Ebene, auf der sie stehen, gleiche Neigungswinkel machen müssen.

6) Ein Prisma ist ein Körper, der von zwei ebenen, einander deckenden und parallelen Grundflächen und von so viel Parallelogrammen, als die Grundfläche Seiten hat, begrenzt ist. Von der Anzahl dieser Seiten bekommt das Prisma die Namen eines drei-, vier-, fünfseitigen u. s. w. Ein Kasten, eine Stube sind vierseitige Prismata; der Raum eines Daches, wenn seine Giebelenden Dreiecke sind, ein dreiseitiges Prisma. Ein solches ist Fig. 30. gezeichnet, nämlich **ABCDEF**. Die Dreiecke **ABC** und **DEF** sind die Grundflächen, und die drei Seitenflächen sind die Parallelogramme **ABED, ACFD, BCFE.**

7) Ein Kegel ist ein Körper, der von einem Kreise als Grundfläche und von einer krummen Seitenfläche begrenzt wird, die sich rund herum an den Umfang der Grundfläche anschließt und außerhalb derselben in eine Spitze zusammenläuft; s. Fig. 31. Die gerade Linie **DC** von der Spitze des Kegels nach dem Mittelpunkte der Grundfläche heißt die Axe des Kegels, und steht diese auf der Grundfläche senkrecht, so ist der Kegel ein senkrechter, wie Fig. 31.

8) Wird ein Kegel parallel mit der Grundfläche durchschnitten, so ist dieser Durchschnitt ein Kreis und sein Mittelpunkt **G** liegt in der Axe **DC**. Die Grundfläche verhält sich zum Durchschnitt wie AC^2 zu EG^2 (§. 12. Nr. 49.), und da die Dreiecke **ACD** und **EGF** einander ähnlich sind (§. 12. Nr. 38.), so verhält sich **AC : EG = DC : DG**, folglich auch $AC^2 : EG^2 = DC^2 : DG^2$, und daher auch die Grundfläche zum Durchschnitt wie $DC^2 : DG^2$, also wie

die Quadrate der Höhen des ganzen Kegels **DAB** und des abgeschnittenen **DEF**.

9) Eine Kugel ist ein körperlicher Raum, welcher entsteht, wenn ein Halbkreis um seinen Durchmesser so lange sich herumdrehet, bis er wieder in seine erste Lage kommt, Fig. 32. Der Mittelpunkt **C** des Halbkreises ist auch der Mittelpunkt der Kugel, denn jeder Punkt der Kugelfläche hat einerlei Entfernung von demselben, und der Halbmesser und Durchmesser des Halbkreises sind auch Halbmesser und Durchmesser der Kugel. Denkt man sich durch den Mittelpunkt der Kugel eine Ebene gelegt, so ist der Durchschnitt den sie macht, ein Kreis, wie z. B. **DFIHD; AEBGA; AFBHA.** Die Halbmesser und Durchmesser aller solcher Kreise sind mit den Halb- und Durchmessern der Kugel einerlei, **CD = CE = CF.** Auch halbiren dergleichen Kreise einander, weil ihre Durchschnittspunkte immer um den Durchmesser der Kugel von einander entfernt sind. Es ist also **EHG = GBE; FAH = HBF; EDG = GIE; FDH = HIF.** Darum muß auch ein solcher Kreis die Kugel selbst in zwei Halbkugeln theilen. Geht aber die schneidende Ebene nicht durch den Mittelpunkt der Kugel, so bleibt die Durchschnittsfigur zwar auch ein Kreis, aber von kleinerem Halbmesser, als der der Kugel ist, und zwar von desto kleinerem, je weiter der Durchschnitt vom Mittelpunkt der Kugel entfernt ist. Solche Kreise sind **KL, MN, OP** in der Figur. Daher heißen Kreise, die mit der Kugel einerlei Mittelpunkt haben, *größte Kreise*, weil sie mit dem größten Umfange der Kugel selbst einerlei sind. Sind die schneidenden Ebenen einander parallel, so bilden die Durchschnittsfiguren *Parallelkreise*, wie **DI, KL, MN.** Die Mittelpunkte solcher Kreise liegen in einerlei Durchmesser der Kugel, nämlich in **AB**, und dieser steht auf den Ebenen aller Parallelkreise senkrecht. Man nennt ihn die *Axe* der Parallelkreise und seine beiden Endpunkte **A** und **B** die *Pole* derselben. Der größte Kreis der Kugel, mit dem die andern parallel gehen, wie **DI**, heißt der *Aequator* (*Gleicher*), weil er, wie jeder größte Kreis, die Kugel halbirt und von dem einen Pol eben so weit entfernt ist, als von dem andern. Da die Axe senkrecht auf seiner Ebene ist, so sind die Winkel **DCA, ECA, FCA** u. s. w. sämmtlich rechte

Winkel und die Bogen **DA**, **EA**, **FA** u. s. w. Quadranten, also jeder = 90°.

10) Der Theil der Kugelfläche, welcher von zwei Parallelkreisen eingeschlossen wird, wie der zwischen **DI** und **KL** befindliche, heißt eine Zone (Gürtel); der Theil der Kugelfläche aber, welcher über oder unter einem Parallelkreise liegt und dessen Pol in der Mitte hat, wie **MAN**, heißt ein Abschnitt oder Segment der Kugel.

11) Wenn zwei größte Kreise der Kugel sich unter einem gewissen Winkel schneiden, so schneiden sich ihre Axen unter demselben Winkel im Mittelpunkte der Kugel. So schneiden sich Fig. 33. die Kreise **DE** und **FG** unter dem Winkel **DCF**, den ihre Durchmesser **DE** und **FG** mit einander machen, und unter demselben Winkel schneiden sich auch ihre Axen **AB** und **HI**, nämlich unter dem Winkel **ACH**. Darum ist auch der Bogen **DF** = Bogen **AH**.

12) Die Kugelfläche ist viermal so groß, als ein größter Kreis der Kugel. Um also jene zu finden, mache man vom Halbmesser der Kugel das Quadrat, multiplicire dasselbe mit π (§. 12. Nr. 46.) und nehme das Produkt 4 mal.

13) Die Fläche einer Kugelzone findet man, wenn man den Umfang des größten Kreises der Kugel mit der Höhe der Zone multiplicirt, d. h. mit der Länge der senkrechten Linie, die von der obern Fläche der Zone auf ihre untere gezogen werden kann. So ist Fig. 32. **QC** die Höhe der Zone **DILK**.

14) Die Fläche eines Kugelsegments ist so groß, als die Fläche eines Kreises, der die Sehne **PB** (Fig. 32.) zum Halbmesser hat. Man findet also die Fläche des Segments **OBP**, wenn man das Quadrat von **BP** mit π multiplicirt.

15) Der körperliche Inhalt der Kugel wird gefunden, wenn man von ihrem Durchmesser den Kubus macht, diesen mit der Zahl π multiplicirt und das Produkt durch 6 dividirt. Ist z. B. der Durchmesser = 12, so ist der Kubus von 12 = 12 . 12 . 12 = 1728; dies mit π = 3,14159 multiplicirt, gibt 5428,672 und diese Zahl durch 6 dividirt, kommt 904,778.

16) Kugeln verhalten sich zu einander, wie

die Kubi ihrer Durchmesser oder Halbmesser. Es sei der Durchmesser einer Kugel A = 6; der der Kugel B = 2, so ist der Kubus von 6 = 216 und der Kubus von 2 = 8, also verhält sich A : B = 216 : 8 oder wie 27 : 1, d. h. die Kugel A ist 27 mal größer als B.

17) Die Kugelflächen verhalten sich dagegen zu einander, wie die Quadrate ihrer Durchmesser oder Halbmesser. Die Flächen der vorigen Kugeln A und B verhalten sich also zu einander, wie 6^2 zu 2^2 = 36 : 4 = 9 : 1, d. h. die Kugel A hat eine 9 mal größere Fläche als B.

§. 14.

Einiges aus der höheren Geometrie.

1) Eine Ellipse (Fig. 34.) ist eine Figur, die von einer krummen Linie der Art begrenzt wird, daß jeder Punkt derselben, z. B. D von zwei im Innern der Figur liegenden Punkten F und G so entfernt ist, daß die Summe dieser Entfernungen DF + DG immer gleich groß ist, der Punkt mag in der Peripherie der Ellipse liegen, wo er will, also z. B. FD + DG = FH + HG = AF + AG = BF + BG. Die Punkte F und G heißen die Brennpunkte, die Linie AB, in der sie liegen, die große Axe, die Mitte derselben C der Mittelpunkt der Ellipse, die Linie DE, welche senkrecht auf AB durch C gezogen ist, die kleine Axe, die Linien von einem Brennpunkte nach irgend einem Punkte des Umfangs, z. B. FD, FH, GD, GH, die Radii vektores. Die Brennpunkte sind vom Mittelpunkte C gleich weit entfernt, und dieser Abstand CF oder CG heißt die Excentricität. Je größer diese ist, desto schmaler wird die Ellipse; je kleiner, desto mehr nähert sie sich dem Kreise. Die Endpunkte der großen Axe A und B heißen die Scheitel der Ellipse und ihre Entfernung vom Brennpunkte AF = BG die Brennweite. Die Summe der nach einerlei Punkt gehenden Vektoren, z. B. FH + HG, ist immer so groß, als die große Axe AB; denn FH + HG = FA + GA, aber FA = GB, also FH + HG = GB + GA = AB. Die Stücke der großen Axe, welche durch einen Brennpunkt abgeschnitten werden, wie FA und FB, oder GA und GB, heißen die Apsiden, daher die große Axe selbst die Apsidenlinie. Die gerade Linie HI, wel-

che durch einen Brennpunkt senkrecht auf die große Axe gezogen ist, heißt der Parameter. Die Entfernung der Scheitel der kleinen Axe von einem Brennpunkte, z. B. **DF**, ist der halben großen Axe gleich, also **DF = AC**; denn da **DF = DG**, weil die Dreiecke **FCD** und **GCD** sich decken und **DF + DG = AB**, so ist auch 2 **DF = AB**, also **DF** $= \frac{1}{2}$ **AB = AC**. Man findet daher die Brennpunkte einer Ellipse, wenn man mit der Weite der halben großen Axe in den Scheitel der kleinen einsetzt und die große Axe auf beiden Seiten von **C** schneidet.

2) Sowohl im Kreise als in der Ellipse und andern krummlinigten Figuren nennt man Linien, die von irgend einem Punkte des Umfangs senkrecht auf die Axe gezogen werden, wie **NM**, **OM** (Fig. 35.), Ordinaten, und die Stücke, welche sie von der Axe abschneiden, wie **AM** und **MB**, die Abscissen.

3) Wenn man (Fig. 35.) mit der halben großen Axe einen Kreis durch die Scheitel der Ellipse beschreibt, so verhalten sich die Ordinaten des Kreises zu denen der Ellipse, wie die große Halbaxe zur kleinen Halbaxe, also z. B. **MO : MN = CK : CD.**

4) Aus diesem Satze beweist die Geometrie, daß sich die Fläche eines Kreises, der die halbe große Axe zum Halbmesser hat, zur Fläche der Ellipse verhält, wie die große Halbaxe zur kleinen Halbaxe. Es sei die große Halbaxe = **a**, die kleine = **b**, der Kreis mit **a** = **K**, die Ellipse = **E**, so verhält sich **K : E = a : b**, und da die Fläche von **K** $= \pi a^2$ ist, so wird sich die Fläche von **E** bestimmen lassen, wenn man aufsetzt: **a : b** $= \pi a^2$ **: E**, folglich **E** $= \frac{\pi a^2 b}{a} = \pi ab$, d. h. die Fläche einer Ellipse wird gefunden, wenn man das Produkt aus der großen und kleinen Halbaxe mit der Zahl π multiplicirt.

5) Die Parabel (Fig. 36.) ist eine krumme, sich immer mehr öffnende und so ins Unendliche fortgehende Linie, von der jeder Punkt von einem im Innern liegenden Punkte **F** eben so weit entfernt ist, als von einer außerhalb der Parabel gezogenen Linie **KL**, welche die Basis der Para-

bel heißt. Der Punkt F heißt der Brennpunkt. Eine durch F senkrecht auf die Basis gezogene Linie AB heißt die Axe der Parabel, ihr Durchschnitt A mit der krummen Linie der Scheitel der Parabel, dessen Entfernung vom Brennpunkte oder AF die Brennweite. Die Basis geht so, daß AF = AC ist. Eine Linie MN durch den Brennpunkt senkrecht auf der Axe heißt der Parameter, eine Linie vom Brennpunkt nach irgend einem Punkte der Parabel, z. B. FI, der Radius vektor. Nach der Erklärung ist immer FI = IK. Die Axe theilt die Parabel in zwei ganz gleiche Hälften, und die beiden Theile der krummen Linie selbst AG und AH heißen die Schenkel der Parabel.

6) Die Hyperbel (Fig. 37.) ist eine krumme Linie, welche in einer ähnlichen Krümmung wie die Parabel mit ihren Schenkeln ins Unendliche fortgeht, wie diese einen festen Brennpunkt F hat, aber jenseits ihres Scheitels noch mit einer ganz gleichen Hyperbel in nothwendiger Verbindung steht, so daß die eine nicht ohne die andere gedacht werden kann. Zieht man von den Brennpunkten der beiden Hyperbeln F und G nach einem beliebigen Punkte der krummen Linie gerade Linien, so sind diese allemal um eine gleiche Länge unterschieden, man mag die Punkte wählen, wo man will. Die Linie AB zwischen den Scheitelpunkten der beiden Hyperbeln heißt die Hauptaxe. Sie ist nach U und V zu durch beide Hyperbeln verlängert. Eine Linie durch den Brennpunkt senkrecht auf der Hauptaxe bis zu den Schenkeln der Hyperbel, also KL oder MN, heißt ebenfalls der Parameter. Eine Linie DE, welche die mittlere Proportionallinie zwischen der Hauptaxe AB und dem Parameter KL ist, so daß sich verhält AB : DE = DE : KL, heißt die conjugirte Axe. Sie kann kleiner, größer, oder eben so groß sein, als die Hauptaxe. Sind Hauptaxe, conjugirte Axe und also auch Parameter gleich groß, so erhält man eine gleichseitige Hyperbel, wie Fig. 37. Vektoren heißen auch bei der Hyperbel die Linien, die von einem Brennpunkte nach irgend einem Punkte der krummen Linie gezogen werden, wie FO oder FP, GO oder GP. Der Unterschied der Vektoren, z. B. GO — FO ist immer so groß als die Hauptaxe. Bei der Ellipse war umgekehrt die Summe der Vektoren der Hauptaxe gleich. Der Mittelpunkt der Hauptaxe C heißt auch der Mittelpunkt der

Hyperbel. Wenn man das Rechteck **HIQR** auszeichnet und die Diagonalen desselben **HQ** und **RI** auf beiden Seiten verlängert, so erhält man die Linien **CS**, **CF**, **CZ** und **ZW**, welche die Asymptoten der Hyperbel heißen und zwar den Schenkeln der Hyperbel sich immerfort nähern, aber doch nie mit ihnen zusammenkommen.

§. 15.

Aus der Trigonometrie wollen wir folgende Sätze bemerken:

1) Die Winkel eines Dreiecks und die Seiten desselben stehen in einem gewissen Verhältnisse zu einander. Wenn ein Winkel größer wird, so wird auch die gegenüberstehende Seite größer und umgekehrt, doch kann man nicht geradezu sagen, daß die Seite sich eben so viel mal vergrößert, als der Winkel, sondern dies Verhältniß muß auf andere Art bestimmt werden. Dies lehrt eben die Trigonometrie.

2) Es sei Figur 38. **ACB** ein gegebener Winkel, der mit dem Winkel **BCI** zusammen einen rechten ausmacht, so heißt der Winkel **BCI** der Ergänzungs- oder Complementwinkel von **ACB**, oder auch umgekehrt **ACB** das Complement von **BCI**, je nachdem man **ACB** oder **BCI** als den Hauptwinkel ansieht. Ergänzungswinkel ist also immer derjenige, welcher mit dem Hauptwinkel zusammenaddirt den rechten Winkel oder 90 Grad hervorbringt. Es sei der Hauptwinkel = 60°, so ist sein Complement = 30° und ist jener 20°, so ist sein Complement = 70°. Aus **C** ist ein Bogen **DEH** beschrieben, dieser mißt den rechten Winkel **DCI** und ist also ein Quadrant oder 90° groß. Der Bogen **DE** ist das Maß des Winkels **ACB**, und **EH** das Maß des Winkels **BCI**; darum ist auch **EH** der Complementbogen von **DE**, oder umgekehrt **DE** das Complement von **EH**. Zieht man von **E**, wo der Schenkel **CB** den Bogen schneidet, eine senkrechte Linie **EF** auf den Halbmesser **DC**, so heißt diese Linie der Sinus des Winkels **ACB**. Diese Linie wächst, so wie der Winkel größer wird, weil der Punkt **E** dann immer weiter hinauf nach **H** zufällt. Ist endlich der Winkel **ACB** ein rechter geworden, so daß **CB** mit **CI** zusammenfällt, so ist der Punkt **E** nach **H** gekommen und der Sinus **EF** zum Halbmesser **HC** geworden. Der Sinus des rechten Winkels ist also der Halbmesser des Kreises

selbst und da der Halbmesser die größte Linie ist, welche man vom Mittelpunkte aus bis nach der Peripherie im Kreise ziehen kann, so heißt er, als Sinus des rechten Winkels, der ganze Sinus (Sinus totus), weil man alle übrige Sinus als Theile desselben ansieht. Ein stumpfer Winkel **BCK** hat daher keinen größeren Sinus, sondern den Sinus seines Nebenwinkels **ACB**, der mit ihm zusammen 180° ausmacht; denn wenn man von dem Punkte **E**, wo der Schenkel des stumpfen Winkels **CB** den Kreis schneidet, eine senkrechte Linie auf den Halbmesser herunter fällt, so ist dies eben die Linie **EF**, und also **EF** sowohl der Sinus des Winkels **ACB**, als auch der Sinus seines Nebenwinkels **BCK**. Ein Winkel von 60° und ein Winkel von 120° haben also einerlei Sinus.

3) Zieht man von dem Punkte **E**, wo der Hauptbogen **DE**, der den Winkel **ACB** mißt, endigt und der Bogen **EH**, der den Complementwinkel mißt, anfängt, eine Linie **EG** senkrecht auf den Halbmesser **CH**, so ist diese Linie der Sinus des Complementwinkels und heißt in Beziehung auf den Hauptwinkel **ACB** der Cosinus des Winkels **ACB**. Ist **ECH** der Hauptwinkel, so ist umgekehrt **ACB** das Complement und also **EF** der Cosinus des Winkels **ECH**. Es ist also immer der Sinus von 60°, z. B. der Cosinus des Winkels von 30° und der Sinus von 30°, der Cosinus des Winkels von 60°. Die Linie **EG** ist = **FC**. Wenn also in einem rechtwinkligen Dreiecke eine Kathete als der Sinus des gegenüberliegenden Winkels angesehen wird, so ist die andere Kathete allemal dessen Cosinus.

4) Eine Linie, die den Bogen **DE** in seinem Anfangspunkte **D** berührt und bis zu dem andern Schenkel **CB** des Winkels **ACB** senkrecht auf den Halbmesser **DC**, also parallel mit dem Sinus **EF** gezogen wird, heißt die Tangente des Winkels **ACB**. Sie wird immer größer, je größer der Winkel **ACB** wird, und ist für den rechten Winkel selbst unendlich groß, weil dann der Schenkel **CB** die Lage **CI** hat, also mit der Tangente parallel geht, folglich diese nicht mehr schneiden kann. Die Tangente des Complementwinkels **ICE**, also die Linie **HL**, heißt die Cotangente des Hauptwinkels **ACB**, so wie umgekehrt die Tangente von **ACB** die Cotangente von **ICE** ist.

5) Alle diese genannten Linien und noch mehrere, die

wir nicht zu erwähnen brauchen, findet man in besondern Tafeln für jeden möglichen Winkel berechnet. Noch bequemer ist es, Tafeln zu gebrauchen, worin die Logarithmen jener Linien sich befinden. Was Logarithmen sind, läßt sich hier nicht erklären; wir bemerken hier nur, daß es Zahlen sind, wodurch jede Multiplication in eine Addition, und jede Division in eine Subtraction verwandelt wird. Sollten also z. B. zwei Zahlen mit einander multiplicirt werden, so nimmt man aus den Tafeln ihre Logarithmen und addirt diese; die Summe ist dann der Logarithme des Produkts, und schlägt man denselben in den Tafeln auf, so findet man hier das Produkt selbst. Eben so bei der Division, nur daß hier der Logarithme des Divisors vom Logarithmen des Dividendus abgezogen wird. Auf diese Art ist man dann im Stande, mit Hülfe solcher Tafeln die unbekannten Seiten und Winkel in einem Dreiecke aus den bekannten Stücken desselben zu berechnen. Sobald nämlich in einem Dreiecke drei von einander unabhängige Stücke bekannt sind, so lassen sich daraus vermittelst der Regel de tri die übrigen unbekannten finden. Darüber wollen wir folgende Sätze beibringen:

6) In einem rechtwinkligen Dreiecke verhält sich die Hypothenuse zu einer der Katheten, wie der Sinus totus zum Sinus des der Kathete gegenüber liegenden oder zum Cosinus des anliegenden Winkels. Es ist Fig. 39. **ABC** ein rechtwinkliges Dreieck. Setzt man nun **AE** als Halbmesser und beschreibt damit den Bogen **HEF**, so ist **ED** der Sinus des Winkels **o**, **AE** also der Sinus totus, **u** der Ergänzungswinkel von **o**, wenn **KA** auf **AB** senkrecht ist, **EI** der Sinus von **u**, also der Cosinus von **o** und folglich auch **AD**, weil es = **EI** ist, der Cosinus von **o**. Der Winkel **u** ist = **m**, weil **o** und **m** eben sowohl zusammen einen rechten Winkel ausmachen, als **u** und **o**, also auch **AD** oder **EI** der Sinus von **m**, und folglich der Sinus von **m** der Cosinus von **o** und der Sinus von **o** der Cosinus von **m**. Da **DE** parallel mit **BC** ist, weil beide senkrecht auf **AB** stehen, so ist das Dreieck **ADE** ähnlich dem Dreiecke **ABC** und also die gleichen Winkeln gegenüberstehenden Seiten einander proportionirt. Es verhält sich daher **AC : BC = AE : ED**, d. h. **AC : BC = Sin. tot. : Sin. o**,

und **AC : AB = AE : AD**, d. h. **AC : BC = Sin. tot. : Cos. o.** Sind also in dem Dreiecke **ABC** die Hypothenuse **AC** und die Kathete **AB** oder **BC** bekannt, so läßt sich daraus der Winkel **o** berechnen, oder auch **m**, da **m** das Complement von **o** ist. Ist **AC** und der Winkel **o** bekannt, so braucht man nur obige Proportion anders zu ordnen, um daraus die Kathete **AB** oder **BC** zu finden, z. B. **Sin. tot. : Sin. o = AC : BC** oder **Sin. tot. : Cos. o = AC : AB.** Ist **AB** oder **BC** und der Winkel **o** bekannt, so läßt sich **AC** finden durch die Proportion: **Sin. o : Sin. tot. = BC : AC** oder **Cosin. o : Sin. tot. = AB : AC.**

7) In einem rechtwinkligen Dreiecke verhält sich eine Kathete zur andern, wie der Sinus totus oder Halbmesser zur Tangente des der Kathete gegenüberliegenden oder zur Cotangente des anliegenden Winkels. In Fig. 39. sei **AF** der Halbmesser oder Sinus totus, so ist **FG** die Tangente des Winkels **o** und **HL** die Tangente des Complementwinkels **u** oder **m**, also die Cotangente von **o** und umgekehrt die Tangente von **o** die Cotangente von **u** oder **m.** Da **GF** senkrecht auf **AB** steht, so ist es mit **BC** parallel und also das Dreieck **AFG** mit **ABC** ähnlich, folglich ergibt sich die Proportion **AB : BC = AF : FG**, d. h. **AB : BC = Sin. tot. : Tang. o.** Das Dreieck **AHL** ist aber auch ähnlich dem Dreiecke **ABC**; denn der Winkel **u** ist = **m**, der rechte Winkel **ABC** gleich dem rechten Winkel **AHL**, folglich der Winkel **ALH** gleich dem Winkel **o**, also sind in beiden Dreiecken die gleichen Winkeln gegenüberstehenden Seiten proportionirt, nämlich **HL** mit **AB**, und **AH** mit **BC**, auch ist **AH** eben sowohl, als **AF** der Halbmesser, folglich der Sinus totus. Es verhält sich daher auch **BC : AB = AH : HL**, d. h. **BC : AB = Sin. tot. : Cotang. o.** Sind daher im Dreiecke **ABC** beide Katheten bekannt, so läßt sich durch diese Proportionen der Winkel **o** finden und somit auch der Winkel **m.** Ist eine Kathete und der Winkel **o** bekannt, so läßt sich die andere Kathete berechnen durch die Proportion: **Sin. tot. : Tang. o = AB : BC** oder **Sin. tot. : Cotang. o = BC : AB.**

8) In jedem Dreiecke, mag es nun recht- oder schiefwinklig sein, verhalten sich die Seiten, wie die Sinus der gegenüberstehenden Win-

kel. Für rechtwinklige Dreiecke ist dieses Gesetz schon be Nr. 6. bewiesen; denn wenn sich die Hypothenuse zu eine Kathete verhält, wie der Sinus totus zum Sinus des de Kathete gegenüberliegenden Winkels, so ist ja auch der Si nus totus der Sinus des der Hypothenuse entgegenstehende rechten Winkels. Für schiefwinklige Dreiecke aber, wi **DEF** (Fig. 12.), läßt sich die Richtigkeit so übersehen. Ma fälle von **E** auf die gegenüberstehende Seite **DF** eine senk rechte Linie **EG**, so wird dadurch das Dreieck in zwei recht winklige **DGE** und **FGE** getheilt. Im erstern verhält sich nach Nr. 6. der **Sin. tot. : Sin. x = DE : EG**; es ist also

$$\mathbf{EG} = \frac{\mathbf{DE} \,.\, \mathbf{Sin.\ x}}{\mathbf{Sin.\ tot.}}$$

Eben so verhält sich im Dreieck **FGE**

Sin. tot. : Sin. y = FE : EG, folglich $\mathbf{EG} = \frac{\mathbf{FE} \,.\, \mathbf{Sin.\ y}}{\mathbf{Sin.\ tot.}}$

Diese beiden Werthe für **EG** aber müssen einander gleich sein, weil sie eine und dieselbe Größe ausdrücken, also ist

$$\frac{\mathbf{DE} \,.\, \mathbf{Sin.\ x}}{\mathbf{Sin.\ tot.}} = \frac{\mathbf{FE} \,.\, \mathbf{Sin.\ y}}{\mathbf{Sin.\ tot.}},$$

folglich auch **DE . Sin. x = FE . Sin. y**, weil die Nenner beider Brüche einerlei sind. Nun läßt sich nach §. 11. Nr. 24. aus zwei gleichen Produkten allemal eine Proportion bilden, deren Glieder ihre Faktoren sind. Es verhält sich also **DE : FE = Sin. y : Sin. x**, d. h. die Seiten verhalten sich, wie die Sinus der gegenüberstehenden Winkel.

9) In jedem Dreiecke verhält sich die Summe zweier Seiten zu ihrem Unterschiede, wie die Tangente der halben Summe der ihnen gegenüberliegenden Winkel zur Tangente des halben Unterschiedes eben dieser Winkel. Ueber diesen Satz können wir nichts zum Beweise, sondern nur eine kurze Erläuterung beifügen. In dem Dreiecke **ACB** (Fig. 15.) mögen **AC** und **BC** die beiden Seiten sein; die gegenüberstehenden Winkel sind dann **o** und **u**. Nach dem Satze also verhält sich

$$\mathbf{BC + AC : BC - AC = Tang.} \frac{\mathbf{o + u}}{2} \mathbf{: Tang.} \frac{\mathbf{o - u}}{2}$$

Kennt man also die Summe der Winkel **o** und **u**, so läßt sich nun ihr halber Unterschied finden; daraus aber läßt sich die Größe der einzelnen Winkel bestimmen. Denn in der Arith-

metik wird erwiesen, daß die halbe Summe zweier Größen zu ihrem halben Unterschiede addirt die größere Größe, der halbe Unterschied aber von der halben Summe abgezogen die kleinere Größe gibt. Es sei z. B. die Summe von o + u = 80°, also die Hälfte = 40°. Nun erhalte man durch die Rechnung den halben Unterschied = 10°, so ist der größere Winkel o = 40 + 10 = 50° und der kleinere Winkel u = 40 — 10 = 30°.

10) Wenn auf einer Kugel drei größte Kreise einander schneiden, so schließen ihre Bogen zwischen den Durchschnittspunkten auf der Kugelfläche einen dreieckigen Raum ein, welcher ein sphärisches Dreieck genannt wird. In Fig. 41. ist **ACB**, desgleichen **CFG**, auch **ECD** ein solches sphärisches Dreieck. Die Seiten desselben werden nicht durch Längenmaß, z. B. Ruthen, Fuß u. dgl. bestimmt, sondern, weil sie Kreisbogen sind, nach Graden, Minuten und Sekunden. Die Winkel, welche von den Bogen, die das Dreieck bilden, eingeschlossen werden, z. B. **ECD**, **CED**, **EDC** im Dreiecke **CED** heißen sphärische Winkel. Dergleichen Dreiecke und Winkel kommen in der Astronomie fast immer vor, da der Himmel uns als Kugel erscheint, und sie können vermittelst der trigonometrischen Linien Sinus, Cosinus, Tangente, Cotangente eben so gut, wie ebene Dreiecke berechnet werden, nur mit dem Unterschiede, daß dabei auch von Sinus, Cosinus, Tangenten und Cotangenten der Seiten, nicht bloß der Winkel die Rede ist, eben weil die Seiten auch durch Grade, Minuten u. s. w. ausgedrückt werden. Von der Art dieser Berechnung können wir aber unsern Lesern nichts vortragen, da die Gründe ihnen nicht ganz einleuchten würden. Wir begnügen uns daher zu bemerken, daß die Berechnung auch durch Proportionen geschieht, die sich auf das Verhältniß der Seiten und Winkel gegen einander beziehen.

Damit wollen wir denn unsere mathematischen Vorerinnerungen schließen, die wir in der Ueberzeugung voranschickten, daß es der Wunsch vieler unserer Leser sein müßte, sich nicht bloß mit den Resultaten fremder Forschungen und einer historischen Aufzählung der Erscheinungen am Himmel zu begnügen, sondern sich auch selbst von der Wahrheit der gefundenen Erklärungen zu überzeugen und eine deutliche Einsicht in den erhabenen Mechanismus des Weltgebäudes

zu erhalten. Die aus der Mathematik beigebrachten Lehrsätze schienen uns dazu hinlänglich und auch nicht zu schwer, um nicht selbst von Laien in der Wissenschaft verstanden werden zu können.

Dritter Abschnitt.

Fortsetzung der Betrachtung des Himmels. Beobachtung einiger besondern Erscheinungen, und Uebergang zur Erklärung der gemachten Wahrnehmungen. Gestalt der Erde. Erörterung der auf den Horizont und den ruhend gedachten Himmel sich beziehenden Begriffe.

§. 16.

Was wir oben §. 5. von der Gleichförmigkeit der Bewegung des Himmels sagten, wird sich jetzt durch Figur 32. noch deutlicher machen lassen. Es sei der Kreis um **C** eine Kugel, **A** und **B** ihre Pole, **DI** ihr Aequator. Die Bewegung um die Axe **AB** geschehe nach der Richtung **DEFI**. Da die meisten Sterne am Himmel wie festgeheftet erscheinen, so behält jeder vom Aequator immer dieselbe Entfernung, in der er sich irgend einmal befindet; also geschieht seine Bewegung in Kreisen, die mit dem Aequator parallel sind. Der Stern **K** drehet sich also in dem Kreise **KL**; **M** in dem Kreise **MN**; **O** in dem Kreise **OP**, so wie **D** im Aequator selbst. Die Gleichförmigkeit der Bewegung besteht also darin, daß, wenn **D** den Bogen **DE** zurücklegt, so bewegt sich **K** durch **KR**; **M** durch **MS**; **O** durch **OT**, so daß die Bogen **DE, KR, MS, OT** genau die nämliche Anzahl von Graden enthalten und die neuen Ortspunkte **S, R, E, T** eben so wieder in dem Umfange eines und desselben Kreises liegen, wie es mit den Ortspunkten **H, K, D, O** der Fall war. Im Längenmaße werden freilich die Bogen immer kleiner, je näher sie dem Pole liegen; aber ihr Verhältniß zu dem Kreise, von dem sie ein Theil sind, bleibt das nämliche, also auch die Zahl ihrer Grade. Ist **DE** der m^te^ Theil des Kreises **DI**, so ist auch **KR** der m^te^ Theil des Kreises **KL** u. s. w. Bei den beweglichen Sternen ist dies nicht der

Fall. Stände z. B. ein solcher anfangs mit dem Fixstern D zusammen, so würde er, wenn D nach E gekommen wäre, erst in d stehen, weil er in der Zeit, wo D den Bogen DE von Osten nach Westen zurückgelegt hätte, vermöge seiner eigenen Bewegung von Westen nach Osten den Bogen dE durchlaufen, also durch die tägliche Umdrehung des Himmels nur bis d gebracht worden wäre. Wie sich beide Bewegungen gegenseitig erklären lassen, das ist nun noch die Frage, deren Beantwortung wir später zu geben suchen werden *).

---

*) Da die Alten die 24stündige Umdrehung des Himmels um die Erde für wirklich hielten und doch auch die eigene Bewegung der Sonne, des Mondes und der Planeten deutlich wahrnahmen, so dachten sie sich, um diese Erscheinungen zu erklären, den ganzen Himmel aus festen, aber durchsichtigen krystallenen Sphären bestehend, die, wie die Häute einer Zwiebel, um einander lagen. Die äußerste nannten sie das Primum mobile; sie enthielt alle Fixsterne, die daran fest eingefugt waren, und drehete sich in 24 Stunden um die Erde. Dann folgten von den Fixsternen nach der Erde zu in abnehmenden Entfernungen die Sphären des Saturn, Jupiter, Mars, der Sonne, der Venus, des Merkur und des Mondes, so daß jede dieser Sphären einen der genannten Planeten enthielt. Das Primum mobile riß alle übrige Sphären durch seine Bewegung mit sich fort, so daß sie auch in 24 Stunden um die Erde sich drehen mußten; außerdem aber hatte jede Sphäre mit ihrem Sterne eine eigene, weit langsamere Bewegung von Westen nach Osten, wodurch denn der weit länger dauernde Umlauf des Sterns um die Erde vermittelt wurde. Die Töne, welche diese Bewegung der Sphären hervorbringen sollte, bewirkten die sogenannte Sphärenmusik. Die eigene Bewegung der Sphären wurde durch die Kraft höherer Geister bewirkt, welche in den Sternen derselben wohnten. Wenn die Bewegung dieser Sterne der des Primum mobile parallel wäre, so würde die Erklärung der Alten wenig Schwierigkeiten haben; da sie aber in schiefer Richtung durch dieselbe hingeht, indem die Planeten, wenn sie gerade in Süden stehen, bald höher, bald niedriger über dem Horizont gesehen werden, so muß man bei jener Hypothese der Alten noch annehmen, daß jede Sphäre auch ihre eigene Axe habe, um welche die Bewegung geschieht, und daß diese Axen die Weltaxe unter verschiedenen Winkeln schneiden. Dann läßt es sich allerdings denken, wie durch die Bewegung der eigenen Sphäre der Planet an der Sphäre der Fixsterne bald höher, bald tiefer zu stehen kommen könne. Ist z. B. Fig. 33. der äußere Kreis AEBD das Primum mobile, AB seine Axe und in D ein Fixstern, so bewegt sich dieser mit der Sphäre nach der Richtung DKE. Ist nun GKF die Sphäre eines Planeten, z. B. des Jupiter, Hl ihre Axe und die Richtung ihrer Bewegung von G nach F, so bewegt sich Jupiter in dem Kreise GF so, daß er in 12 Jahren einmal herumkommt. In dem Punkte F steht er am höchsten über D, in L weniger hoch, in K ist er in dem Kreise selbst, in welchem sich D bewegt, in M unter demsel-

§. 17.

Wir erwarteten daher mit Ungeduld die Zeit, wo man uns den Unterricht eines Mannes versprochen hatte, der in der Wissenschaft der Sterne gehörig bewandert war. Wir mußten uns aber noch mehrere Wochen gedulden und während der Zeit fiel uns noch so manches Merkwürdige am Himmel in die Augen. So bemerkten wir einen ziemlich breiten Streif längs dem Himmelsgewölbe, der wie ein glänzender Nebel erschien und den Namen der Milchstraße führte. Diese schien auch an dem blauen Gewölbe fest zu sein, denn sie folgte genau der gleichförmigen 24stündigen Bewegung des Himmels; auch schien dieser Streif um den ganzen Himmel herum zu gehen, denn wir konnten ihn während einer vollen Umdrehung desselben immer erblicken. Außerdem bemerkten wir mit unserm scharfen Auge an mehreren Stellen des Himmels mehr oder weniger kreisrunde Flecken, auch viele von unregelmäßiger Gestalt, die ebenfalls wie ein glänzender Nebel erschienen und gleiche Bewegung mit den Fixsternen hatten. Das waren uns freilich eine Menge Räthsel. Aber noch mehr erstaunten wir, als wir einst in einer Nacht ein ganz seltsames Gestirn wahrnahmen, einen glänzenden Nebelfleck, der in der Mitte heller und dichter erschien und einen langen nebelartigen Schweif auf der von der Sonne abgewendeten Seite hinter sich her zog. Der Stoff dieses sonderbaren Gestirns mußte sehr dünn und durchsichtig sein, denn wir vermochten die hinter demselben befindlichen Fixsterne zu erblicken. Dies war zugleich ein Beweis, daß es uns näher war, als die Fixsterne. Auch bemerkten wir an demselben bald eine starke eigene Bewegung, die aber mehr von Süden nach Norden, als von Westen nach Osten zu gehen schien. Man nannte uns diese Erscheinung einen Kometen oder Haarstern und bemerkte, daß diese Gestirne nur sehr selten erschienen, auch nicht lange sichtbar blieben.

---

ben und in G am tiefsten. So lange man die Unregelmäßigkeiten im Laufe der Planeten noch nicht kannte und auf die Verschiedenheit ihres Abstandes nicht Rücksicht nahm, war diese Hypothese zur Erklärung der Erscheinungen hinreichend und ihre Erfindung zeugt gewiß von vielem Scharfsinn. Ptolemäus mußte sie verwerfen, weil er genöthigt war, jene Unregelmäßigkeiten zu erklären. Seine Hypothese war indessen noch zusammengesetzter und verwickelter, wie wir unten sehen werden.

§. 18.

Endlich hatten wir das Glück, den so sehnlich erwarteten Gelehrten ankommen und uns seines Unterrichts würdigen zu sehen. Er brachte zugleich mehrere Fernröhre und andere Instrumente mit, welche, wie er sagte, uns bei der Erforschung des Himmels von großem Nutzen sein würden, und nun begann er seinen Unterricht damit, daß er uns belehrte, wie seit dem höchsten Alterthume die Fixsterne in gewisse Gruppen, Sternbilder genannt, getheilt worden wären, denen man Namen von Thieren, oder mythischer und historischer Personen, auch wohl von andern Gegenständen auf der Erde, gegeben hätte. Er lehrte uns alle diese einzelnen Sternbilder mit den dazu gehörigen Sternen kennen und sagte uns die Namen, welche man einzelnen ausgezeichneten Sternen beigelegt hätte. Dabei bediente er sich der Hülfe eines Himmelsglobus, auf welchem alle Bilder mit ihren Sternen genau so verzeichnet waren, wie sie am Himmel sich vorfinden und vermittelst dessen man mit leichter Mühe im Voraus finden konnte, wann ein gewisser Stern auf- oder untergehe oder gerade im Mittage sich befinde. Wir werden Einiges von diesem Unterrichte am Ende des vorliegenden Werks unsern Lesern mittheilen. Zuvor aber wollen wir die Belehrungen, welche er uns zur Erklärung der Erscheinungen am Himmel ertheilte, so gut es in unsern Kräften steht, hier wiederzugeben suchen.

§. 19.

Zuerst gab er uns eine Uebersicht der Wissenschaft, welche man die Astronomie zu nennen pflegt. Der Name ist griechisch und bezeichnet die Kenntniß von den im Weltall obwaltenden Gesetzen (Sterngesetzgebung); denn nicht nur historisch will uns diese erhabene Wissenschaft mit den Erscheinungen am Himmel bekannt machen, sondern auch dieselben nach ihren Gründen und Ursachen zu erklären suchen. Die Astronomie hat daher einen historischen und rationalen Theil. Der erstere, die sphärische Astronomie, begreift zuvörderst die Astrognosie, oder die Kenntniß der Gestirne, sowohl ganzer Gruppen, d. h. der Sternbilder, als auch der einzelnen Sterne. Sie ist eine topographische Beschreibung des Himmels, die allerdings vorangehen muß, wenn die folgenden Lehren über die Erschei-

nungen an demselben verständlich werden sollen. Dann geht die sphärische Astronomie zu diesen Erscheinungen selbst über. Sie betrachtet dieselben so, wie sie sich unsern Blicken darstellen, als Veränderungen, die auf der innern Oberfläche einer Hohlkugel vorgehen. Daher denn eben der Name: sphärische Astronomie, von sphaera, eine Kugel. Befinden wir uns nämlich im Mittelpunkte einer Kugel, so sehen wir alle Körper, die in ihrem Innern frei schweben, an der innern Fläche der Kugel, und die Bewegungen, welche dieselben machen, erscheinen als Bewegungen in Kreisbogen. Die sphärische Astronomie betrachtet daher nicht die wahren Bewegungen der Weltkörper, sondern nur ihre Projektionen an der innern Höhlung der Sphäre. Zu ihrem Verständniß sind die einfachsten Lehren der Elementargeometrie hinreichend, und darum war dieser Theil der Wissenschaft im Alterthume der Inbegriff aller damaligen astronomischen Kenntnisse. Die neuere Vervollkommnung der Mathematik schuf auch die neuere Astronomie, d. h. den rationalen Theil dieser Wissenschaft, die theoretische und physische Astronomie. Die erstere erhebt sich über den Schein, der in der sphärischen die Hauptsache ist, und fragt nach den wahren Bewegungen der Weltkörper. Sie lehrt, aus dem, was uns erscheint, vermittelst logischer Schlüsse das Wirkliche finden. Statt der Projektionen der Bahnen der Weltkörper an der Sphäre, betrachtet sie diese Bahnen, wie sie im freien Weltraume wirklich sind, und lehrt uns ihre Gestalt, Größe und Lage, so wie die Gesetze kennen, nach welchen die Bewegung in denselben vor sich geht. Dies kann nun nicht anders geschehen, als dadurch, daß die verschiedenen Entfernungen der Weltkörper von der Erde und unter einander bestimmt und die Lagen der Ebenen, in denen sie sich befinden, genau ausgemittelt werden. Auf diese Art erhalten wir denn ein deutliches Bild von der wahren Anordnung des Universums. Ist nun so in diesem Theile der Astronomie das Wahre aus dem Scheine hergeleitet und sind wir dadurch in den Stand gesetzt worden, uns ein richtiges Bild von allen Veränderungen im Universum zu machen, dieselben genau zu erklären und sogar mit der größten Pünktlichkeit im Voraus zu bestimmen, so schließt sich der dritte Theil der Astronomie oder die physische an den vorigen, indem er die Fragen zu beantworten sucht: Wo-

her alle diese Veränderungen? Welches sind die Ursachen, die sie hervorbringen und von welcher Beschaffenheit sind die verschiedenen Weltkörper? Dieses führt dann auf die Lehre von den großen, im Weltall wirkenden Kräften, wodurch alle Bewegungen bestimmt werden, und auf die Schilderung der physischen Beschaffenheit der Gestirne, in sofern nämlich unsere Beobachtungen darüber Aufschluß geben können.

§. 20.

Dies ist also der Hauptinhalt der Astronomie. Der Vortrag dieser Wissenschaft aber kann auf zweierlei Art geschehen: rein scientifisch, wie der Astronom von Profession es bedarf, und populär, wie es für den bloßen Liebhaber der Wissenschaft hinreichend ist, der wohl sich über alle Erscheinungen zu belehren und deutliche Einsichten in ihre Natur zu verschaffen sucht, aber die Sternwissenschaft nicht zu seinem eigentlichen Berufe macht. Auch die populäre Bearbeitung kann mehr oder weniger wissenschaftlich sein, je nach dem man dem Publikum, für welches dieselbe bestimmt ist, mehr oder weniger Vorkenntnisse und Reife der Urtheilskraft beilegen darf. Während für das Knabenalter und den weniger unterrichteten Bürger und Landmann der Vortrag sich meistens an die historische Form halten und die mathematischen Beweise größtentheils vermeiden muß, wird es eine bedeutend große Klasse unter den Gebildeten geben, der das bloß Historische nicht genügt, die auch von der Wahrheit der astronomischen Lehren sich durch logische Gründe überzeugen und den Weg kennen lernen wollen, welchen die Astronomie eingeschlagen hat, um sich bis zu ihrer jetzigen Höhe aufzuschwingen. Zu dieser Klasse gehören alle Gelehrte, die nicht die Astronomie selbst zu ihrem Berufsfache gewählt haben, alle Geschäftsmänner, auch gebildete und denkende Frauen, kurz jeder, dessen Verstand durch zweckmäßigen Schulunterricht ausgebildet ist und der das Bedürfniß in sich fühlt, seine Muße mit einer so edlen Beschäftigung, wie die Betrachtung des Himmels ist, auszufüllen. Unser Lehrer hatte die Güte, uns zu dieser Klasse rechnen zu wollen, und so versprach er denn, seinen Vortrag so einzurichten, daß wir die astronomischen Wahrheiten nicht bloß historisch kennen lernen, sondern uns auch von ihrer Richtigkeit gründlich überzeugen sollten, so weit dies

nämlich ohne genaue Kenntniß der höhern Mathematik möglich wäre. Dabei erklärte er im Voraus, daß er sich nicht genau an die Eintheilung der wissenschaftlichen Astronomie halten, sondern auch manchmal bei der sphärischen in die theoretische und physische hinüberstreifen werde, wenn der Zusammenhang der Betrachtungen es nothwendig mache.

§. 21.

Wirklich machte er den Anfang gleich damit, daß er uns die wahre Gestalt des Erdkörpers kennen lehrte. Es sei nämlich derselbe keine ins Unendliche fortlaufende Ebene, was uns denn auch früher schon eingeleuchtet hatte, sondern ein kugelförmiger, frei im Weltraume schwebender Körper, und dafür hatte er folgende Gründe:

1) Was wir auf unserm Standpunkte von der Erde übersehen, ist nur ein sehr kleiner Theil derselben, der uns eben deswegen als eine Ebene erscheint, weil er im Verhältniß zur ganzen Erde fast nur als ein Punkt zu betrachten ist. Diese hat, wie die Folge zeigen wird, einen Umfang von 5400 Meilen und eine Oberfläche von mehr als 9 Millionen Quadratmeilen; was wir aber übersehen können, wenn wir uns nämlich auf keiner Anhöhe befinden, beträgt etwa den neunmillionenſten Theil dieser Fläche und verhält sich also zu derselben eben so, wie die Fläche eines Nadelstichs zu der Fläche einer Kugel, die einen Fuß im Durchmesser hat. Aber auch eine solche Fläche übersehen wir nur deswegen, weil unser Auge 5 bis 6 Fuß über die Erde erhaben ist. Wäre diese Höhe geringer, oder läge gar das Auge in der Fläche der Erde selbst, so würde auch unser Gesichtskreis sehr viel kleiner sein und fast bis zum Punkte zusammenschwinden. Wäre nun die Erde eine ebene Fläche, so müßten wir, im Falle kein Gegenstand die Aussicht hemmte, in einer weit größern Weite noch Gegenstände auf derselben erkennen. Die Erfahrung zeigt nämlich, daß der Winkel und somit die scheinbare Größe eines Gegenstandes desto kleiner werde, je mehr die Entfernung desselben zunimmt, und die Optik oder die Lehre vom Sehen berechnet, daß wegen Kleinheit des Gesichtswinkels ein Gegenstand uns erst dann verschwinde, wenn seine Entfernung 5000 Mal größer ist, als sein größter Durchmesser. Ein Gebäude, ein Baum von 100 Fuß Höhe müßte uns

also erst in einer Weite von 100 . 5000 oder 500000 Fuß, oder ungefähr 20 Meilen völlig verschwinden, und doch ist es allgemein bekannt, daß ein solcher Gegenstand schon in einer weit geringern Entfernung sich unserm Auge entziehe. Die Erdfläche kann daher unmöglich eine Ebene sein. Denken wir uns dagegen dieselbe gekrümmt, wie **EF** (Fig. 42.), so zeigt es sich deutlich, warum man von **A** aus das Haus in **G** nicht mehr wahrnehmen kann; denn wir vermögen nur Gegenstände zu sehen, von denen gerade Linien nach dem Auge gezogen werden können, ohne daß sie auf ihrem Wege ein Hinderniß antreffen. Wir können also nur das sehen, was in oder über der Linie **BD** liegt; denn von allem, was sich darunter befindet, kann die gerade Linie nicht zum Auge gelangen, ohne vorher die Erdmasse zu durchschneiden.

2) Wir müßten aber auch, wenn die Erde eine ebene Fläche wäre, jeden Gegenstand, sobald wir ihn einmal wahrnähmen, gleich ganz von der Spitze bis zum Fußpunkte sehen können, vorausgesetzt, daß sein unterer Theil durch nichts verdeckt würde. Aber auch dies ist nicht der Fall. Denn die Erfahrung lehrt, daß wir von entfernten Gegenständen den obern Theil weit früher sehen, als den untern. Davon kann man sich besonders auf dem Meere überzeugen. Wenn ein Schiff anfängt, am Horizont sichtbar zu werden, so erscheinen zuerst die Spitzen der Masten, dann die Segel und nur erst, so wie es näher kommt, der ganze Körper desselben. Wäre aber Fig. 42. **BD** die ebene Erdfläche, so ließe sich kein Grund denken, warum man von **A** aus das nahe Schiff in **E** ganz, von dem entfernteren in **C** aber nur den obern Theil sehen sollte. Ist dagegen die Erdfläche so bogenförmig gekrümmt, wie **FG** (Fig. 43.), so sieht man deutlich, warum in **A** von dem Schiffe **C** kaum die Spitzen der Masten, das in **E** aber ganz wahrgenommen werden kann. Alle diese Erscheinungen finden nach jeder nur möglichen Richtung vollkommen gleichförmig Statt; die Erdfläche muß sich also von **A** aus nach allen Seiten zu bogenförmig krümmen.

3) Die Erde ist mehrere Male, fast nach allen Richtungen, umschifft worden, und immer glaubte der Schiffer auf einer ebenen Meeresfläche fortzusegeln, behielt die einmal angenommene Hauptrichtung, z. B. von Osten nach

Westen, beständig bei, und kam doch, ohne umzukehren, wieder an denselben Ort zurück, von dem er ausgesegelt war. Erstreckte sich nun die Erde als ebene Fläche ins Unendliche fort, so wäre eine solche Umschiffung an und für sich unmöglich. Sie beweist also zuvörderst, daß sie ein begrenzter Körper ist, der frei im Weltraume schwebt und überall eben so vom Himmel umschlossen wird, wie es bei uns der Fall ist. Aber sie beweist auch, daß die Erde wenigstens nach der Richtung, wohin das Schiff geht, kreisförmig gekrümmt sein müsse. Hätte sie z. B. eine eckige Gestalt, etwa wie ein Kasten, so würde der Schiffer (Fig. 45.) von **F** bis **A** in gerader Linie fortgehen; wollte er aber nach **D** kommen, so würde die Richtung seines Schiffes sich sehr auffallend verändern müssen und eben dies müßte der Fall sein, wenn er von **D** nach **C**, von **C** nach **B** und von **B** wieder nach **F** segeln wollte. Von allen solchen Veränderungen ist aber nichts zu bemerken. Er glaubt von **F** aus immer in gerader Linie fortzusegeln und kommt doch zuletzt wieder nach **F** zurück. Eine solche Täuschung ist nur bei einem kreisförmig gekrümmten Körper möglich. Der Schiffer segelt Fig. 46. bei **A** in der Richtung der Tangente **AD**, bei **B** nach der Tangente **BG**, bei **C** nach der Tangente **CH** u. s. w., und wenn man die Punkte **A**, **B**, **C** einander sehr nahe denkt, so ist die Abweichung der Tangenten von einander so unmerklich, daß der Schiffer aus einer in die andere übergeht, ohne es im Geringsten wahrzunehmen. Er glaubt also immer in derselben geraden Richtung zu bleiben, geht aber wirklich unbemerkt aus einer Richtung in die andere über und segelt so in der That in einer krummen Linie, die ihn an den Ort, wo er absegelte, wieder zurückführt. Solche Umschiffungen der Erde sind fast nach allen Richtungen geschehen; sie zeigen also, daß die Erde nach allen Seiten zu kreisförmig gekrümmt, folglich ein kugelähnlicher Körper ist. An den Gegenständen auf der Horizontalebene und am Himmel wird aber der Schiffer allerdings die Abweichungen von seiner anfänglichen Richtung bemerken. Die Gegenstände, von denen er sich entfernt, werden ihm allmählig verschwinden; die, denen er sich nähert, werden über den Horizont heraufstauchen, erst mit den obern Theilen, dann nach und nach ganz sichtbar werden. Jetzt erklärt sich auch die Täuschung,

daß der Himmel rund herum auf der Erde aufzuliegen scheint; denn die nach allen Seiten verlängert gedachte Horizontalebene durchschneidet die bogenförmige Wölbung des Himmels wirklich und kommt also mit derselben in Berührung. Ist Fig. 47. der kleine Kreis um **C** die Erde, der größere der Himmel, und unser Standpunkt in **A**, so ist **HL** unser Horizont, und dieser durchschneidet die Himmelskugel in **H** und **L**, so daß wir von demselben das Kugelsegment **HFL** erblicken, welches in **H** und **L** auf dem Horizont zu liegen scheinen muß. Ist unser Ort in **B**, also **IK** der Horizont, so haben wir wieder dieselbe Erscheinung. So muß also der Himmel überall auf der Erde zu liegen scheinen, während er doch überall gleich weit von derselben entfernt ist.

§. 22.

Die bisherigen Gründe für die Kugelgestalt der Erde sind von dieser selbst hergenommen; aber eben so entscheidende geben uns auch die Erscheinungen am Himmel. Dahin gehören:

1) Die Mondfinsternisse, welche entstehen, wenn der Schatten der Erde auf den Mond fällt. Zur Zeit des Vollmonds nämlich kann es der Fall sein, daß die Erde in gerader Linie zwischen Mond und Sonne zu stehen kommt, und da nun jener allein sein Licht von der letztern empfängt, so hindert sie als undurchsichtiger Körper die Erleuchtung, und ihr Schatten bedeckt die Mondfläche. Nun ist es bekannt, daß der Schatten der Erde auf dem Monde immer die Gestalt einer runden Scheibe hat, in welcher Lage auch die Erde gegen den Mond zu dieser Zeit sich befinden mag. Einen solchen runden Schatten kann aber nur eine Kugel in allen möglichen Lagen auf einen gegenüberstehenden Körper werfen; die Erde muß also nothwendig auch diese Gestalt haben. Gesetzt, sie wäre eine tellerförmige Scheibe oder ein walzenähnlicher Körper, so würde zwar der Schatten auch rund sein, wenn die breite Fläche der Scheibe, oder die Grundfläche der Walze gegen den Mond gekehrt wäre, aber bei jeder andern Stellung würde diese Rundung mehr oder weniger verschwinden und endlich der Schatten bloß eine gerade Linie werden, wenn der Rand der Scheibe oder die Länge der Walze dem Monde entgegenstände. Ha-

ben wir uns also durch die folgenden Lehren der Astronomie überzeugt, daß die Mondfinsterniße vom Schatten der Erde herrühren, so hat dieser Beweis seine vollkommene Gültigkeit.

2) Die Veränderungen im Stande der Himmelskörper, welche sich zeigen, sobald wir unsern Standpunkt auf der Erde verändern. Diese Veränderung des Standpunktes läßt sich nach zwei Hauptrichtungen betrachten, entweder von Norden nach Süden, oder von Westen nach Osten; beides auch umgekehrt. Reisen wir also erstlich von Norden nach Süden, oder auch entgegengesetzt, so werden die Sterne in unserem Rücken allmählig uns immer niedriger erscheinen und endlich verschwinden; diejenigen aber, die vor uns sind, werden immer höher rücken und neue, vorher nicht gesehene, werden sich über den Horizont erheben. Wir wollen uns also einmal vorstellen, wir reisten von London nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung. Bei unserer Abfahrt sehen wir den stillstehenden Stern am Pole etwa eben so hoch über dem Horizont, wie bei uns. Der kleine und große Bär, die Kassiopea, der Perseus, die Ziege im Fuhrmann gehen nicht unter, der helle Stern in der Leier nähert sich dem nördlichen Horizont so, daß er etwa um 1 Grad über demselben erhaben bleibt. Gegen Süden erblicken wir viele schöne Sternbilder, am tiefsten unter andern den hellen Stern Fomahand im südlichen Fische, etwas höher den glänzenden Sirius und nordnordwestlich von diesem das überaus schöne Sternbild des Orion. Wir reisen längs der Küste von Frankreich fort und suchen in einer Nacht den hellen Stern der Leier wieder, zu der Zeit, wo er am niedrigsten im Norden stehen müßte, und siehe da, er ist verschwunden; auch kommt es uns vor, als ob alle nördliche Sterne etwas tiefer nach dem Horizonte zu ständen, die im Süden aber etwas höher und uns näher gerückt wären. Wir gelangen zur Küste von Portugal und Afrika, und siehe, die Leier senkt sich schon ziemlich bedeutend unter den Horizont hinab, die hellen Sterne im Fuhrmann streifen denselben und tauchen sich weiterhin auch unter. Eben so machen es allmählig auch die Sterne des großen Bären. Dagegen haben sich uns die südlichen Sterne bedeutend genähert, z. B. der Orion, der Sirius, der kleine Hund und Fomahand, und tief gegen Süden erblicken wir eine Menge

kleinerer und größerer, zum Theil sehr schöner Sterne, von denen wir bei unserer Abfahrt keine Ahnung hatten. Gelangen wir zur Mitte von Afrika, so sehen wir die 3 Gürtelsterne des Orion gerade über uns schweben; der unbewegliche Stern am Nordpole schimmert trübe in den Dünsten des nördlichen Horizonts; alle Nordsterne, die früher ihren ganzen Kreislauf sichtbar am Himmel vollendeten, gehen jetzt auf und unter, dagegen ist der ganze südliche Himmel vor unsern Blicken aufgethan. Ziemlich hoch insbesondere schimmern die schönen Sterne des Schützen und der Argo in der heitern Bläue, und im Kanopus erblicken wir einen Stern, der an Glanz und Schöne mit dem Sirius wetteifert. Wir erreichen endlich das Vorgebirge der guten Hoffnung und sehen das entgegengesetzte Schauspiel vom Orte unserer Abfahrt. Von allen nördlichen Sternen erblicken wir fast nichts mehr, sie kommen nicht mehr über den Horizont, oder doch nur sehr wenig; dagegen sehen wir gegen Süden verschiedene, von den neu uns bekannt gewordenen Sternen nicht mehr untergehen, sondern ihren ganzen Umlauf sichtbar am Himmel vollenden, und ob wir gleich keinen so ausgezeichneten, unbeweglichen Stern, wie gegen Norden, entdecken können, so vermögen wir doch aus den Kreisen der nicht untergehenden Sterne ungefähr die Gegend auszumitteln, wo ein solcher Stern stehen müßte, und wir erkennen, daß daselbst der südliche Pol der Himmelskugel zu setzen sei.

Lassen nun wohl diese Erscheinungen sich möglich denken, wenn die Erde eine ebene Fläche ist? In sofern wir bloß darauf Rücksicht nehmen wollten, daß einige Sterne uns näher zu rücken, andere sich mehr zu entfernen schienen, könnten wir allerdings sagen, die Sterne vor uns müssen uns näher kommen, weil wir uns wirklich ihnen nähern; die hinter uns müssen aus dem entgegengesetzten Grunde sich entfernen. Aber auch diese Erklärung wäre aus folgenden Gründen unstatthaft. Befinden wir uns z. B. auf einer Reise und erblicken wir von fern eine Stadt, so nimmt diese scheinbar nur einen kleinen Raum am Horizont ein; unsere Hand, in einiger Entfernung vom Auge gehalten, kann die ganze Stadt bedecken. Die Häuser und Thürme derselben sind also enge zusammengedrängt. So wie wir uns aber der Stadt nähern, wird ihr scheinbarer

Raum immer größer, die Häuser und Thürme rücken aus einander und erscheinen selbst unter immer größern Gesichtswinkeln. Was wir auf der Erde wahrnehmen, muß aber wohl nothwendig auch für die Gegenstände des Himmels gelten; denn wir sehen sie mit denselben Organen, folglich nach denselben Gesetzen. Wäre es also der Fall, daß wir uns auf unserer Reise den Gestirnen des südlichen Himmels näherten und von denen des nördlichen entfernten, so müßten auch jene immer weiter aus einander rücken und selbst größer erscheinen, diese aber sich in einen engern Raum zusammendrängen und uns kleiner als früherhin vorkommen. Aber von dem Allen geschieht nichts, ja es scheint sogar, als ob das Gegentheil erfolge. So lange nämlich ein Sternbild nahe am Horizonte sich befindet, scheinen seine einzelnen Sterne weit aus einander zu stehen und das Bild selbst einen größern Raum einzunehmen; so wie es sich aber höher hebt, uns also scheinbar näher kommt, nimmt dasselbe einen immer kleinern Raum ein und seine Sterne rücken zusammen. Dies ist nun freilich eine Täuschung, wie wir in der Folge sehen werden; denn das Sternbild nimmt in der Wirklichkeit am Horizont eben den Raum ein, den es in seinem höchsten Standpunkte am Himmel hat, und seine einzelnen Sterne stehen überall gleich weit von einander. Aber auf keinen Fall findet doch die irdische Erscheinung Statt, daß wir die Sterne größer und mehr aus einander gerückt erblicken, wenn wir uns scheinbar ihnen nähern. Daraus folgt aber nothwendig, daß ein solches Nähern gar nicht Statt findet, daß wir immer gleich weit von den Sternen entfernt bleiben, mögen wir auch unsern Ort auf der Erde um 1000 oder noch mehr Meilen verändern. Es folgt daraus, daß jede mögliche Ortsveränderung auf der Erde gegen die Entfernung der Sterne von uns nur ein unmerklicher Punkt sei, daß also die Sterne wenigstens mehrere Millionen Meilen von uns entfernt sein müssen, wenn so bedeutende Ortsveränderungen keinen Unterschied in ihrer Lage gegen einander machen sollen. Sind aber die Sterne so weit von uns entfernt, so muß auch ihr Abstand von einander sehr bedeutend sein. Gesetzt also, die Erde wäre eine ebene Fläche, wie **KL** (Fig. 48.), und wir reisten auf derselben in südlicher Richtung von **A** nach **D, F, H**, so müßten wir, wenn wir die Sterne in **B, E,**

G, I gerade über uns bekommen sollten, unstreitig auf der Erde eben so weit fortreisen, als die Sterne selbst von B entfernt wären, d. h. wir müßten Hunderttausende oder Millionen von Meilen weit reisen. Aber das vermögen wir nicht einmal, da eine Reise von 5400 Meilen nach einerlei Richtung uns schon wieder zu unserm Wohnorte zurückbringen würde. Wir könnten also auf einer ebenen Erdfläche niemals zu einem Punkte gelangen, wo ein Stern gerade über uns erschiene, den wir früher in der Nähe des Horizonts erblickt hätten. Und doch ist dies nicht nur wirklich der Fall, sondern auch ganz neue Sterne werden sichtbar, während andere aus unserm Gesicht verschwinden. Diese beiden letztern Erscheinungen wären bei einer ebenen Erdfläche ganz unmöglich; denn was sollte uns da hindern, alle Sterne an der obern Hälfte des Himmels zu sehen? Und da auch die in der untern Hälfte durch die tägliche Umdrehung über den Horizont kommen, so müßten an jedem Orte alle nur vorhandene Sterne uns sichtbar werden. Denkt man sich dagegen die Erde von Norden nach Süden gekrümmt, so ist Alles sogleich erklärt. Es stelle Fig. 47. der kleinere Kreis um C diese Krümmung der Erde vor, der größere aber den Himmel; rechts sei Norden und links Süden. Befinden wir uns nun in A, so ist HL unsere Horizontalebene. Wir sehen jetzt den Stern F über uns, die Sterne PG weiter nach Süden, den Stern H am Horizont, aber K nach Norden zu und L am nördlichen Horizont. Dagegen wird uns keiner von den Sternen sichtbar, die sich unter HL befinden, z. B. I, N, M. Reisen wir nun etwa 4 bis 500 Meilen weiter nach B, so ist IK unser Horizont, und diese kleine Weite hat die Wirkung gehabt, daß der Stern L ganz verschwunden, K in den Horizont getreten, F demselben nahe gekommen, P weiter nach Norden gerückt, G in die Stelle des Sternes F und H hoch über den Horizont heraufgerückt ist, ungeachtet der Abstand aller dieser Sterne von einander gewiß viele Millionen Meilen beträgt. Gehen wir noch 4 bis 500 Meilen weiter nach D, so ist NP unser Horizont. Die Sterne F und K sind verschwunden, B steht im Horizont und G demselben nahe; vor uns aber erblicken wir eine Menge neuer, vorher nicht gesehener Sterne in dem Raume von H bis N. So können also kleine Ortsveränderungen auf der Erde sehr bedeu-

tende am Himmel zur Folge haben, und da die wirkliche Erfahrung dies eben so zeigt, wie wir es hier geschildert haben, so müssen wir nothwendig annehmen, daß die Erdfläche kreisförmig von Norden nach Süden gekrümmt ist.

3) Aber sie ist es auch von Westen nach Osten, und dies lehren ebenfalls Erscheinungen am Himmel. Wäre die Erde nach dieser Richtung eben, d. h. hätte sie eine walzenförmige Gestalt, so daß die Kreisrundung von Norden nach Süden, die Länge der Walze aber, also ihre Ausdehnung, nach gerader Linie von Westen nach Osten ginge, so müßten die Gestirne, sobald sie für irgend einen Punkt dieser Linie auf- oder untergingen, auch zugleich für alle Punkte derselben sichtbar oder unsichtbar werden. Denn es gibt schlechterdings keinen Grund, warum z. B. die Sonne, wenn sie (Fig. 49.) in dem Punkte **D** über den Horizont träte und also für **C** aufginge, nicht auch zugleich für **A** und **B** sichtbar werden, oder wenn sie in **E** unterginge, wohl für **C**, aber nicht auch zugleich für **A** und **B** verschwinden sollte. Allein so ist es allerdings. Wenn die Sonne für **C**, d. h. für einen östlich gelegenen Ort der Erde, aufgeht, so steht sie für **A** und **B** noch unter dem Horizont, und wenn sie für **C** untergeht, so kann sie von **A** und **B**, d. h. von westlicher gelegenen Orten, noch in beträchtlicher Höhe über dem Horizont gesehen werden. Beobachtungen haben z. B. gelehrt, daß, wenn die Sonne für Berlin aufgeht, so hat man sie in Petersburg schon über eine Stunde, in Kasan schon $2\frac{1}{2}$ Stunde, in Tobolsk fast 4 Stunden, in Jakutsk fast 8 Stunden über dem Horizont erblickt, während in Lissabon kaum die Dämmerung angebrochen und in Amerika noch völlige Nacht ist. Geht umgekehrt die Sonne für Berlin unter, so sieht man sie in Portugal wohl noch $1\frac{1}{2}$ Stunde über dem Horizont und in Mexiko ist es etwa erst Mittag. Alle diese Erscheinungen sind nur dann erklärbar, wenn wir auch eine Krümmung der Erdfläche von Westen nach Osten annehmen. Denn bedeutet jetzt Fig. 47. der kleine Kreis die Krümmung der Erde von Osten nach Westen und der größere den Himmel, und befinden wir uns in **A**, so sehen wir die Sonne aufgehen, wenn sie über **L**, und untergehen, wenn sie unter **H** tritt. Ein Bewohner in **O** dagegen, also östlich von uns, sieht die Sonne schon aufgehen, wenn sie über **M**

tritt, und untergehen, wenn sie P erreicht hat, während ein westlicherer Bewohner, als wir, z. B. in B, die Sonne erst aufgehen sieht, wenn sie nach K, untergehen aber, wenn sie nach I gelangt ist. So ist denn also die Erde sowohl von Norden nach Süden, als auch von Osten nach Westen kreisförmig gekrümmt, und da überall ihre Oberfläche gleichförmig fortgeht (denn alle Erhöhungen und Vertiefungen auf der Fläche sind im Verhältniß zum ganzen Erdkörper höchst unbedeutend und thun jener Gleichförmigkeit keinen Eintrag), so gehört sie zu den Körpern, welchen man wegen ihrer doppelten Krümmung die Kugelgestalt zuschreibt.

§. 12.

Da wir also nun die wahre Gestalt der Erde ausgemittelt haben, so werden wir uns auch richtigere Begriffe über das, was eigentlich unser Gesichtskreis ist, und über das Erscheinen und Verschwinden der Sterne machen können. Zuerst unterscheidet der Astronom zwischen wahrem und scheinbarem Horizont. Es sei Fig. 50. der Kreis **AKML** die Erde, und **FGIB** der Himmel. Wohnen wir auf der Erde in **A**, so wird unser Horizont durch die Tangente **DE** bestimmt, welche die Erde in **A** berührt und bis an die Grenze des Himmels verlängert gedacht wird. Denken wir uns durch diese Linie eine Ebene so gelegt, daß sie ebenfalls die Erdfläche nur berührt und auf allen Seiten bis an den scheinbaren Umkreis des Himmels erweitert ist, so haben wir die Horizontalebene, welche in der Nähe von A mit der Erdfläche selbst zusammenfällt und dadurch unsern Gesichtskreis auf der Erde bestimmt. Auf diese Ebene ist die Richtung jedes frei fallenden Körpers senkrecht, desgleichen die Richtung eines Fadens, an welchem unten ein Gewicht befestigt ist und der am andern Ende festgehalten wird, so daß er mit dem Gewichte frei herabfallen kann. Diese Richtung eines solchen Fadens oder eines frei fallenden Körpers, einerlei mit der Richtung eines aufrecht stehenden Menschen, heißt die Richtung der Schwere, und jede Linie oder Ebene, auf welche diese Richtung senkrecht ist, heißt eine Horizontal-Linie oder -Ebene, mag sie nun die Erdfläche selbst berühren oder auch nur mit einer solchen berührenden Ebene parallel gehen. In der Hori-

zontalebene **DE** übersieht man vom Himmel das Segment **DFE**; befänden wir uns aber im Mittelpunkte der Erde **C** und stellten wir uns vor, daß die obere Hälfte der Erde **KAL** weggenommen wäre, so würde daselbst die Ebene **GB** unser Horizont sein und diese Ebene würde offenbar die Himmelskugel in der Mitte durchschneiden, so daß wir in **C** genau die ganze Halbkugel **GFB** würden übersehen können. Nun tritt aber der besondere Umstand ein, daß es uns in **A** vorkommt, als ob wir auch die Hälfte des Himmels überschauen könnten. Ein Fixstern **O** wird über den Horizont **DE** eben so hoch erhaben scheinen, als er nach der Berechnung eigentlich über **GB** erhaben sein müßte, und wenn 2 Fixsterne genau um 180°, also um den Halbkreis, von einander abstehen, so wird uns der eine in dem Augenblicke aufgehen, wo der andere untergeht, welches doch nur möglich sein könnte, wenn unser Horizont die Ebene **GB** und nicht **DE** wäre. Diese Erscheinung hat darin ihren Grund, daß die Erde gegen die ganze Himmelskugel nur wie ein Punkt zu betrachten ist. Schon aus der Zeichnung Fig. 50. ergibt sich dieses. Denke ich mir nämlich die Erde gegen den Himmel nur so groß, wie der innere Kreis **abcg** ist, so ist unser Horizont die Ebene **de** und offenbar können wir nun vom Himmel das größere Stück **dFe** übersehen und die Höhe des Sterns **O** über **de** ist weniger als vorher von seiner Höhe über **GB** verschieden. Stellt man sich also die Erde bloß als einen Punkt vor, so fällt offenbar **de** mit **GB** zusammen, und es ist in Beziehung auf die Sterne einerlei, ob wir den Himmel aus dem Mittelpunkte der Erde **C** oder von einem Punkte ihrer Oberfläche **A** betrachten. Wir übersehen in **A** eben so gut die Hälfte des Himmels als in **C**. Den Horizont durch **C**, welcher im strengsten Sinne die Himmelskugel in 2 Hälften theilt, nennen die Astronomen den *wahren*, den aber durch einen Punkt der Oberfläche der Erde den *scheinbaren* oder *natürlichen Horizont*, weil derselbe den Himmel nur in 2 Hälften zu theilen *scheint*, nicht wirklich theilt.

Das gänzliche Zusammenfallen beider Horizonte ist indessen nur in Beziehung auf die Fixsterne wahr, nicht in Beziehung auf Mond, Sonne und Planeten. Für alle diese gibt es einen, obgleich kleinen Unterschied beider Horizonte. Es sei Fig. 51. **AB** der wahre, **DE** der scheinbare Hori-

zont. In A gehe der Mond für den Mittelpunkt der Erde, also im wahren Horizonte auf; dann wird man ihn in G noch nicht sehen können, sondern daselbst warten müssen, bis er, nachdem er den Bogen AD durchlaufen hat, bei D in den scheinbaren Horizont tritt. Zieht man nun eine Linie von C nach D, so wird ein Auge in C den Mond nach der Richtung CD, und ein anderes in G nach der Richtung GD sehen. Dieser Winkel GDC ist merkwürdig; er entsteht, wenn man einen Gegenstand in D aus zwei von einander verschiedenen Orten erblickt, und heißt deswegen die Parallaxe. Für den Mond beträgt derselbe ungefähr 1 Grad, für die Sonne nur ungefähr 8 Sekunden. Da GDC der Wechselwinkel von DCA, also, da GD parallel AC ist, GDC = DCA sein muß, so bezeichnet die Parallaxe zugleich den Winkel, unter dem man in C den Bogen AD, d. h. den Unterschied des wahren und scheinbaren Horizonts, erblickt. Offenbar wird nun ACD und also auch CDG desto kleiner, je weiter die Punkte A und D von C abstehen. Je kleiner also die Parallaxe eines Himmelskörpers ist, desto größer ist seine Entfernung von der Erde, und wir lernen daher aus der oben angeführten Sonnen- und Mondparallaxe, daß der Mond uns viel näher als die Sonne sein müsse. Dieser Schluß von der Größe der Parallaxe auf den Abstand eines Himmelskörpers ist der Grund von der Wichtigkeit dieses Winkels für den Astronomen; wir werden also unten noch umständlicher davon sprechen.

Denkt man sich in D den Mond, so sind DG und DC die Gesichtslinien, durch welche man im Monde den Mittelpunkt C und einen Punkt G der Oberfläche der Erde, folglich ihren Halbmesser sieht. Da nun GDC die Parallaxe des Mondes ist, so erhellet, daß der Erdhalbmesser im Monde unter einem Winkel gesehen werde, welcher der Mondparallaxe gleich, also etwa 1° groß ist. Den Durchmesser der Erde muß man also im Monde unter einem Winkel von 2° sehen, und da der Durchmesser des Mondes uns auf der Erde nur etwa einen halben Grad groß erscheint, so folgt, daß der Erddurchmesser vom Monde vier mal größer gesehen werde, als wir auf der Erde den Durchmesser des Mondes sehen. Denken wir uns also 4 Monde in gerader Linie an einander gereihet und stellen uns nun am Himmel einen Kreis von diesem Durchmesser vor, so

können wir uns einen Begriff machen, wie groß die Erde den Mondbewohnern, wenn sie ähnliche Sehorgane, wie wir, haben, erscheinen müsse. Auch erfahren wir durch diese Vergleichung, daß der wirkliche Durchmesser des Mondes ungefähr vier mal kleiner sein muß, als der wirkliche Durchmesser der Erde. So haben wir denn schon vorläufig ein Beispiel, wie es dem Astronomen möglich ist, über die Größe der Weltkörper Bestimmungen zu machen.

§. 24.

Da wir für jetzt noch bloß auf die Fixsterne an der Himmelssphäre Rücksicht nehmen, und die Planeten nebst Sonne und Mond einstweilen unbeachtet lassen, so werden wir unter dem Ausdrucke Horizont bloß den wahren verstehen, der für die Fixsterne mit dem scheinbaren zusammenfällt. Wir betrachten also die Erde nur als einen unmerklichen Punkt, so daß es vollkommen einerlei ist, ob die Beobachtungen über die Fixsterne wirklich vom Mittelpunkte der Erde aus, oder von irgend einem Punkte ihrer Oberfläche gemacht werden. Es macht auch keinen Unterschied, ob man die Beobachtungen wirklich auf der Oberfläche, oder von einem Punkte über derselben, z. B. auf Thürmen oder Bergen anstellt; denn alle diese Höhen müssen gegen den Himmel um so mehr in Nichts verschwinden, da schon der ganze, mehrere 100 Meilen große Halbmesser der Erde zu einem unmerklichen Punkte hinabsinkt.

Es wird zuvörderst der Horizont nach den verschiedenen Weltgegenden in 32 Theile getheilt, woraus die sogenannte Windrose oder Schiffsrose entsteht, welche man auf jedem Compaß verzeichnet findet. Fig. 51. gibt eine Abbildung davon. Diese Weltgegenden bestimmt der Stand der Sonne. Die Gegend, wo nach einer richtig gehenden Uhr die Sonne Mittags um 12 Uhr steht, heißt Süden, gerade gegenüber ist Norden, rechts und links, 90 Grade vom Süd- und Nordpunkte entfernt, befinden sich Ost und West. Den 21sten März und den 23sten September geht die Sonne genau im Ostpunkte auf und im Westpunkte unter. Die Zwischengegenden ergeben sich durch fortgesetzte Halbirungen der Quadranten. Nehmen wir z. B. den Quadranten vom Ost- bis zum Nordpunkte, so gibt die Hälfte die Weltgegend Nordost; in der Mitte zwischen Ost

und Nordost liegt Ost-Nord-Ost und zwischen Nordost und Nord die Gegend Nord-Nord-Ost. Die Halbirung zwischen Ost und Ostnordost gibt Ost = ¼ Nordost, zwischen Ostnordost und Nordost die Gegend Nordost = ¼ Ost, zwischen Nordost und Nordnordost die Gegend Nordost = ¼ Nord, und zwischen Nordnordost und Nord die Gegend Nord = ¼ Nordost. So ist es auch mit den andern Quadranten. Der Abstand der einzelnen Gegenden von einander beträgt 11¼ Grad. Die gerade Linie von Norden nach Süden theilt den ganzen Horizont in die östliche und westliche Hälfte; die Mitte von jeder ist der Ost- und Westpunkt. In der ersteren gehen alle Weltkörper auf, in der letzteren alle unter.

§. 25.

Der Punkt am Himmel, der sich gerade über uns, also über dem Mittelpunkt des Horizonts befindet, heißt das Zenith oder der Scheitelpunkt; der Punkt gerade unter uns an der entgegengesetzten Seite des Himmels das Nadir oder der Fußpunkt. Ist Fig. 53. der kleine Kreis um C die Erde, der größere der Himmel und a unser Wohnort, so ist die Linie DH die Durchschnittsebene des wahren Horizonts, welche Fig. 54. als der Kreis AEBKA vorgestellt ist, wo wir auch den dieser Ebene correspondirenden Durchschnitt der Erde aebka mit gezeichnet haben, welcher entsteht, wenn man sich die Erde in der Mitte durchschnitten und die obere Hälfte abgehoben denkt, der aber auch die Horizontalebene auf der Oberfläche der Erde vorstellen kann, da dieselbe mit dem wahren Horizont größtentheils zusammenfällt. Stellen wir uns nun durch unsern Wohnort in a (Fig. 53.) oder T (Fig. 54.) eine Linie aA (Fig. 53.) oder TZ (Fig. 54.) senkrecht auf die Horizontalebene bis an das Himmelsgewölbe vor, so ist A (Fig. 53.) oder Z (Fig. 54.) unser Zenith am Himmel, und verlängert man die Linie nach unten, bis sie die entgegengesetzte Halbkugel in F (Fig. 53.) oder N (Fig. 54.) schneidet, so ist F oder N unser Nadir. Es ist einleuchtend, daß mit der Aenderung unseres Standpunkts auf der Erde auch Zenith und Nadir, folglich auch der Horizont geändert werde. Für a (Fig. 53.) sind A und F Zenith und Nadir, DH der Horizont; für b sind B und G Zenith und Nadir, EI der Horizont; für d,

e, f, g, h, i werden nach der Ordnung D, E, F, G, H, I das Zenith, und H, I, A, B, D, E das Nadir; die Horizonte aber sind nach eben der Ordnung AF, BG, DH, EI, FA und BG. Diejenigen Erdbewohner, welche unser Zenith zum Nadir und unser Nadir zum Zenith haben, heißen unsere Antipoden oder Gegenfüßler. So wohnen die Antipoden von a in f, von b in g, von d in h u. s. w.

§. 26.

Es möchte hier der Ort sein, einem Einwurfe zu begegnen, den Ununterrichtete gegen die Kugelgestalt der Erde und ihr freies Schweben im Weltraume zu machen pflegen. Wenn, sagen sie, die Erde eine Kugel ist, und auch unter uns Menschen wohnen, so ist es unbegreiflich, wie sich diese auf der Erde erhalten können. Wenn Fig. 53. der kleine Kreis um C die Erde und a unser Wohnort ist, so müßten Menschen in b und i ja beständig schief stehen, in d und h immer liegen, wenn sie nicht fallen wollten und in e, f und g würden sie sich gar nicht mehr halten können, sondern von der Erde abfallen. Diese Behauptungen haben ihren Grund in falschen Vorstellungen von der Wirkung der Schwerkraft. In a wirkt allerdings diese nach af, aber es ist falsch, daß die Richtungen dieser Kraft auch in den übrigen Punkten der Erde mit af parallel gehen. Die Schwere wirkt vielmehr überall auf der Erde so, daß ihre verlängerten Richtungen nach einem Punkte im Innern der Erde zu gehen, welcher der Schwerpunkt heißt. Bei jedem Körper nämlich muß es einen Punkt geben, um welchen seine Masse gleich vertheilt ist, und dies ist eben der Schwerpunkt. Die Schwere selbst ist nichts anders, als die anziehende Kraft der Erdmasse; sie wirkt so auf die äußeren Körper, als ob sie im Schwerpunkte der Erde concentrirt wäre und darum ist überall auf der Erde die Wirkung der Schwere nach diesem Punkte hin gerichtet, so daß jeder Körper, wenn die Festigkeit der Erdmasse es nicht hinderte, nach demselben zu fallen würde. Wahrscheinlich ist der Schwerpunkt vom Mittelpunkte der Erde nicht sehr verschieden, daher drückt man sich gewöhnlich auch so aus: Die Schwere ist eine Kraft, die Alles nach dem Mittelpunkte der Erde zu treibt. Ist nun C der Schwerpunkt, so würde ein Körper in a nach der Richtung aC, in b nach bC, in d nach dC u. s. w., in

f nach fC, in g nach gC u. s. w. fallen. Ein Mensch wird also allenthalben auf der Erde fest stehen, wenn die Richtungslinie seiner Stellung verlängert den Schwerpunkt der Erde trifft. Diese Richtung ist immer senkrecht auf den Horizont; daher kann kein Körper fallen, wenn die Lage seiner Stellung überall rechte Winkel mit der Horizontalebene macht. Auf diese Art wird also Alles durch die Wirkung der anziehenden Kraft der Erde auf derselben erhalten, es mag sich befinden, wo es nur immer will. Ueberdies sind unsere Ausdrücke: oben und unten bloße Verhältnißbegriffe. Wir nennen oben, was über unserm Haupte nach dem Himmel zu sich befindet, unten, was unter unsern Füßen nach dem Mittelpunkte der Erde zu liegt. In diesem Sinne sprechen alle Menschen, wo sie auch wohnen. In a nennt man oben, was nach A, in b oben, was nach B, in d oben, was nach D u. s. w. zu liegt, und in allen diesen Punkten ist unten, was nach C zugekehrt ist. In a sagen wir, die Bewohner von f sind unter uns, aber eben so spricht man in f in Beziehung auf uns selbst.

§. 27.

Zenith und Nadir sind an der Himmelskugel die Pole und die zwischen beiden befindliche Linie ZN (Fig. 54.) die Axe des Horizonts, dieser selbst aber ein größter Kreis, da er durch den Mittelpunkt der Kugel geht (§. 13. Nr. 9.). Denkt man sich durch Zenith und Nadir größte Kreise senkrecht auf den Horizont, so heißen diese Scheitel- oder Vertikalkreise. Dergleichen sind Fig. 54. zur Hälfte gezeichnet, nämlich ZD, ZE, ZF u. s. w. Die Ebenen derselben gehen alle durch die Axe ZN und durchschneiden sich also in derselben. Da nun diese Axe senkrecht auf den Horizont ist, so sind es auch alle durch sie gehende Ebenen, folglich auch die Scheitelkreise selbst. Größte Kreise auf der Kugel halbiren einander (§. 13. Nr. 9.), also halbirt auch der Horizont alle Scheitelkreise, und es ist AZB, DZH, EZI u. s. w. jeder gleich dem halben Umfang der Kugel, also alle diese Hälften einander selbst gleich. Das Zenith liegt in der Mitte jedes dieser Halbkreise, folglich ist AZ = BZ = DZ = HZ u. s. w. = 90°.

§. 28.

Auf den Horizont bezieht es sich auch, wenn von der Höhe der Sterne die Rede ist. Denkt man sich nämlich durch einen Stern einen Scheitelkreis gezogen, so heißt der Bogen desselben vom Stern bis zum Horizont die Höhe des Sterns. Es mögen sich z. B. (Fig. 54.) in **M**, **P**, **S**, **R** und auf der hintern Seite in **U** und **Q** Sterne befinden. Zieht man nun durch das Zenith in diese Sterne Scheitelkreise, so bezeichnen die Bogen **AM**, **FP**, **GS**, **BR**, **IQ**, **KU** die Höhen derselben über den Horizont. Zieht man durch Sterne, welche einerlei Höhe haben, einen Kreis, so ist dieser parallel mit dem Horizont und heißt ein Höhenkreis, auf Arabisch Almukantharat. Die Höhe der Sterne wird nach Graden bestimmt. Man will also damit nicht den Abstand des Sterns vom Horizont in Längenmaßen, z. B. Meilen, anzeigen, sondern nur den Winkel, welchen die vom Auge nach dem Sterne gezogene Linie mit der Horizontalebene macht; denn das Maß dieses Winkels ist eben jener Bogen des Scheitelkreises, welcher die Höhe angibt. Ist Fig. 53. der Punkt **A** das Zenith, **DH** der Horizont, **B** ein Stern im Scheitelkreise **ABD** und das Auge in **C**, so kann man sich von **C** eine Linie **CB** nach dem Sterne gezogen denken. Diese liegt in der Ebene des Vertikalkreises **ABD** und in dieser Ebene auch **DC**, folglich ist der Winkel **BCD**, der durch den Bogen **BD** gemessen wird, die Höhe des Sterns. Es ist eigentlich **C** der Mittelpunkt der Erde, und also das Auge nicht in **C**, sondern in **a**, und man mißt den Winkel von **a** aus; aber für die meisten Sterne fallen wahrer und scheinbarer Horizont, also auch **a** und **C**, zusammen; die Messung von **a** aus gibt also dasselbe Resultat, das die Messung von **C** aus geben würde.

§. 29.

Um die Höhe eines Sterns zu messen, bedient man sich eines in seine 90° getheilten Quadranten. Es sei Fig. 55. **BCA** ein solcher Quadrant, der bei **C** auf einem Gestelle ruhet und vermittelst eines Zapfens um die Säule **CG** herumgedrehet und so in jede mögliche vertikale oder senkrechte Lage gebracht werden kann. Der eine Schenkel **CB** des Quadranten liegt mit der Axe des Horizonts in einer Linie, so daß **B** genau nach dem Zenith **D** gerichtet ist, der andere

Schenkel **CA** liegt in der Horizontalebene, eigentlich nur mit derselben parallel, welches aber wegen der Bemerkung am Ende von §. 24. damit einerlei ist. Man kann also **CF** als den Horizont und **DEF** als einen Quadranten der Himmelskugel ansehen. In **C** ist ein Fernrohr **CK** befestigt, das sich längs des eingetheilten Bogens des Quadranten verschieben läßt, während es in **C** immer fest bleibt. Nun drehe man den Quadranten in die Vertikalebene **DCF** des Sterns **E**, dessen Höhe man messen will, und richte das Fernrohr auf denselben, so schneidet dieses auf dem Quadranten den Bogen **AK** ab, welcher mit der Höhe des Sterns **EF** gleich viel Grade hat und also diese unmittelbar angibt.

Man gibt dem Quadranten auch die Stellung Fig. 56. **C** ist der Mittelpunkt, **CA** genau horizontal und **CB** genau vertikal, also **DEF** ein vertikaler Durchschnitt der Himmelskugel; in **C** ist das bewegliche Fernrohr **CK** befestigt und der Quadrant um **CB** drehbar, so daß er in jede Vertikalebene gestellt werden kann. In der Figur ist die Stellung so gezeichnet, wie sie sein muß, wenn man die Höhe des Sterns **E** messen will. Das Auge erblickt bei **K** durch das Fernrohr den Stern und nun schneidet dieses auf dem Quadranten den Bogen **AK** ab, welcher die Höhe des Sterns **ED** angibt; denn die Winkel **DCE** und **ACK** sind als Scheitelwinkel einander gleich, also auch der Bogen **AK** = dem Bogen **ED**. — Noch eine andere Stellung zeigt Fig. 57. Der Mittelpunkt des Quadranten ist in **C** an dem Gestelle **CK** vermittelst eines Zapfens befestigt, um den er sich frei drehen kann. Von **C** hängt ein Bleiloth **CD** herab, das immer in senkrechter Lage, also gegen das Zenith gerichtet, bleibt, wie auch der Quadrant gedrehet werde. Längs dem Schenkel **CA** liegt ein Fernrohr. Hat man nun durch Drehung des Gestelles den Quadranten in die Vertikalebene **GFH** des Sterns **F** gebracht und den Quadranten um seinen Zapfen so lange gedrehet, bis man den Stern durch das Fernrohr ins Auge gefaßt hat, so schneidet das Loth auf dem Limbus, d. h. auf dem in Grade getheilten Rande des Quadranten, den Bogen **BE** ab, welcher der Höhe des Sterns **FG** gleich ist. Denn es ist der Winkel **FCB** ein rechter und **GCE** auch, also **FCB** = **GCE**; nimmt man nun von beiden den Winkel **GCB** weg, so bleibt

Gleiches übrig, nämlich **FCG = BCE**, also der Bogen **BE = GF**.

§. 30.

Durch die Höhe ist die Lage eines Sterns gegen den Horizont noch nicht genau bestimmt. Gesetzt, man sagte uns, ein Stern habe 40° Höhe, so wissen wir nur, daß er innerhalb eines Höhenkreises liegen muß, der in einem Abstande von 40° parallel mit dem Horizont gezogen werden muß; aber in welchem Punkte dieses Kreises der Stern liege, das ist durch jene Bestimmung noch nicht bekannt. Es muß also noch eine andere Angabe hinzugefügt werden, nämlich das Azimuth des Sterns. Wenn man sich den Südpunkt am Horizont genau bestimmt denkt, so versteht man unter Azimuth den Bogen des Horizonts, der zwischen dem Südpunkte und demjenigen Punkte des Horizonts liegt, wo der durch den Stern gehende Vertikalkreis den Horizont schneidet. Man zählt die Grade des Azimuth vom Südpunkte aus bis zum Nordpunkte, also von 0° bis 180° und zwar sowohl auf der Ost- als auf der Westseite. Es gibt daher östliches und westliches Azimuth. Bezeichnet Fig. 54. **A** den Süd- und **B** den Nordpunkt des Horizonts, so enthält der Halbkreis **AEFB** die Grade des östlichen und **AKIB** die Grade des westlichen Azimuth. Steht nun ein Stern in **M**, trifft also der Vertikalkreis desselben genau den Südpunkt, so ist sein Azimuth = 0°. Die Sterne **P** und **S** haben östliches Azimuth, nämlich die Bogen **AF** und **AG**, die Sterne **Q** und **U** aber westliches, nämlich die Bogen **AI** und **AK**. Stände ein Stern in **R**, so daß sein Vertikalkreis gerade den Nordpunkt träfe, so hätte er 180° Azimuth, aber sowohl östliches als westliches.

§. 31.

Durch Azimuth und Höhe wird die Lage eines Sterns gegen den Horizont genau bestimmt. In Fig. 58. sei **AB** der Horizont eines Orts, **Z** dessen Zenith, **A** der Süd- und **B** der Nordpunkt. Man weiß, daß ein gewisser Stern 55° Höhe und 40° östliches Azimuth habe, wo befindet er sich in diesem Augenblicke in Beziehung auf den Horizont? Man zähle auf dem Horizont von **A** aus die 40° östliches Azimuth ab und lege durch den dadurch im Horizont bestimm-

ten Punkt **D** einen Vertikalkreis **ZD**, dann zähle man auf dem durch den Südpunkt **A** schon gelegten und eingetheilten Vertikalkreis **ZA** die 55° Höhe ab, ziehe durch den dadurch bestimmten Punkt **H** einen Höhenkreis **HI**, so ist der Punkt **F**, wo derselbe den Vertikalkreis **ZD** schneidet, der Ort des Sterns. Auf eben die Art wird durch den Höhenkreis **LK** und das westliche Azimuth **AG** der Ort des Sterns **P** bestimmt. In der Figur liegen die Sterne **F** und **E** in einerlei Höhen und **E** und **P** in einerlei Vertikalkreis. Erstere haben also gleiche Höhe, letztere gleiches Azimuth. Wegen der täglichen Umwälzung des Himmels ändert sich Azimuth und Höhe der Sterne mit jedem Augenblicke; der dadurch bestimmte Ort des Sterns ist also nichts Beständiges.

§. 32.

Man hat ein bequemes Instrument, den Azimuthalquadranten, um Azimuth und Höhe eines Sterns durch eine einzige Beobachtung zu finden. Der Kreis um **C** (Fig. 59.) befindet sich auf einer Tafel **LMNO** in der Horizontalfläche; **A** und **B** bezeichnen an demselben den Nord- und Südpunkt. Von **B** bis **A** sind auf beiden Seiten 180° verzeichnet und der Halbkreis **BPA** enthält das östliche, **BQA** das westliche Azimuth. **FC** ist eine Säule, die auf **C** steht und um sich selbst gedrehet werden kann; an derselben ist der Quadrant **FGH** mit einem um **F** beweglichen Lineale oder Fernrohr **FI** angebracht, unten aber ist ein Lineal **DE** mit der Säule fest verbunden, so daß es mit derselben auf der Horizontalfläche zugleich umgedrehet wird. Man bringt nun den horizontalen Kreis in die Lage, daß **B** genau gegen Süden und **A** gegen Norden weiset, drehet dann die Säule und somit auch das Lineal so lange, bis der Quadrant in den Vertikalkreis des Sterns kommt, und verschiebt nun das Fernrohr **FI** so lange, bis der Stern **K** genau in der Mitte desselben gesehen wird, so schneidet es auf dem Limbus des Quadranten den Bogen **GI** als die Höhe des Sterns ab, während das untere Lineal **DE** auf dem Horizont das Azimuth abschneidet. Steht der Stern auf der Ostseite des Himmels, so ist sein Azimuth der Bogen **BPD**.

§. 33.

Durch die Höhe eines Sterns wird sein Abstand vom

Zenith bestimmt, denn dieser Abstand ist die Ergänzung der Höhe zu 90°. Ist Fig. 54. in M ein Stern, so ist MA seine Höhe und MZ sein Abstand vom Zenith. Es ist aber MZ = ZA — MA = 90° — MA, d. h. 90° weniger der Höhe MA. Umgekehrt ist die Höhe = 90° weniger dem Abstande vom Zenith. Am Horizont wird die Morgen- und Abendweite eines Sterns bestimmt. Es ist nämlich Morgenweite der Bogen des Horizonts, der sich zwischen dem wahren Ostpunkte und dem Punkte, wo der Stern aufgeht, befindet, und Abendweite der Bogen desselben zwischen dem wahren Westpunkte und dem Untergangspunkte des Sterns. Beide sind entweder nördlich oder südlich, je nachdem der Stern zwischen dem Ost- und Nord-, oder Ost- und Südpunkte auf-, und zwischen dem West- und Nord-, oder West- und Südpunkte untergeht. Man zählt beide von Osten oder Westen nach Süden und Norden, also von 0° bis 90°. Ist Fig. 58. in O der Ost- und in W der Westpunkt, so ist OD die südliche Morgenweite des in D, und OM die nördliche Morgenweite des in M aufgehenden Sterns. Eben so sind WQ und WG die südliche und nördliche Abendweite der in Q und G untergehenden Sterne.

Vierter Abschnitt.

Ueber die auf die tägliche Umdrehung des Himmels sich beziehenden Begriffe. Aequator, Pole, Lage der Sterne gegen den Aequator, Declination und Rectascension, Meridian, Pol- und Aequatorshöhe, Tagekreise, Tag- und Nachtbogen, Culmination, correspondirende Höhen, Stundenwinkel. Bestimmung der Mittagslinie, der Polhöhe, der Declination und Rectascension.

---

§. 34.

Wir haben uns schon in dem ersten Abschnitte überzeugt, daß der Himmel mit allen unbeweglichen und beweglichen Sternen sich scheinbar in 24 Stunden um die Erde drehet. Wir haben also am Himmel eine um ihre Axe sich bewe-

gende Kugel, und alle Punkte, Linien und Kreise, die sich an einer solchen ergeben, müssen auch am Himmel gedacht werden können. Es stelle daher die Zeichnung Fig. 32. die Himmelskugel vor. **AB** ist die *Axe*, **DI** der *Aequator*. Die Drehung geschieht von Osten nach Westen, also, wenn das Gesicht gegen Norden gekehrt ist, von der Rechten zur Linken, so daß, wenn **A** den Nord- und **B** den Südpol bezeichnet, die Punkte **N, L, I, P** nach und nach in die Lage **S, R, E, T** kommen. Der Aequator theilt den Himmel in die *nördliche* und *südliche Halbkugel*. Alle Punkte der Kugel bewegen sich parallel mit demselben und die *Parallelkreise*, welche sie beschreiben, haben mit dem Aequator einerlei Axe **AB** und führen die Namen *Tagekreise*, weil sie sämmtlich von den Sternen in 24 Stunden zurückgelegt werden. Gegen den Aequator behalten alle Tagekreise einerlei Lage, gegen den Horizont aber, wenn er nicht mit dem Aequator selbst zusammenfällt, verändern sie dieselbe beständig, indem sie bald höher, bald niedriger über ihm stehen. Der immer bleibende Ort eines Sterns kann daher nur gegen den Aequator bestimmt werden. Legt man durch einen Stern in **R** (Fig. 32.) und durch beide Pole einen Kreis **AREB**, so wird der Bogen **RE** zwischen dem Stern und dem Punkte, wo der Kreis den Aequator schneidet, die Entfernung des Sterns vom Aequator bestimmen und diese Entfernung heißt seine *Declination* oder *Abweichung*. Sterne in der nördlichen Halbkugel, wie **R, K**, haben eine *nördliche Declination* **RE, KD**; Sterne in der südlichen Halbkugel, wie **O, T**, eine *südliche*, **OD, TE**. Jeder Kreis, wie der erwähnte, der durch einen Stern und beide Pole gezogen wird, heißt ein *Declinations-* oder *Abweichungskreis*, z. B. **ARB, ADB, AFB.**

§. 35.

Alle in einerlei Parallelkreis befindliche Sterne haben einerlei Declination. Ist daher die Declination eines Sterns gegeben, so wird dadurch nur der Parallelkreis bestimmt, in dem er sich befindet, aber noch nicht sein Ort in demselben. Um diesen zu finden, muß noch etwas Anderes bestimmt sein, nämlich seine Entfernung von einem andern Kreise der Sphäre, der den Parallelkreis, somit auch den Aequator, senkrecht schneidet, mithin durch beide Pole geht. Ein sol-

cher Kreis ist also ein Declinationskreis, den man durch einen gewissen Punkt des Aequators, welchen man den erſten nennt, sich gelegt denkt. Von diesem Punkte aus theilt man den Aequator von Westen nach Osten in seine 360 Grade, weil die Bewegung des Himmels von Osten nach Westen geschieht, und somit die Grade nach der Ordnung der Zahlen sich bei der Umdrehung fortschieben. Dieser erste Punkt des Aequators ist zwar allerdings beliebig, aber aus Gründen, die wir später kennen lernen werden, nimmt man denjenigen Punkt für denselben an, in welchem sich die Sonne den 21sten März befindet. Der Declinationskreis, welcher durch diesen Punkt geht (es mag der Punkt **D** sein), mag einstweilen der erſte Declinationskreis heißen, also **ADB** in der Figur. Wird nun durch einen Stern, z. B. in **S**, ein Declinationskreis gelegt, so durchschneidet dieser den Tagekreis desselben in **S** und den Aequator in **E**; der erste Declinationskreis aber durchschneidet den Tagekreis in **M**. Eigentlich ist nun der Bogen **MS** die Entfernung des Sterns vom ersten Declinationskreise; da aber der Bogen **MS** eben so viel Grade enthält, als der Bogen **DE** auf dem Aequator, so wird auf dem letztern die Entfernung bestimmt, weil es dann nicht nöthig ist, auch die Parallelkreise in ihre Grade zu theilen. Diese Entfernung des Sterns vom ersten Declinationskreise, gemessen durch den Bogen des Aequators, der sich zwischen dem ersten und dem Declinationskreise des Sterns befindet, heißt seine gerade Aufſteigung oder Rectaſcenſion. Es ist also z. B. **DE** die Rectascension des Sterns **SX**, **DF** die des Sterns **U**, **DEIG** die des Sterns **V**, u. ſ. w. Der Ausdruck gerade Aufſteigung ist von den Gegenden der Erde hergenommen, deren Horizont den Aequator, also auch alle Parallelkreise desselben senkrecht schneidet, so daß daselbst alle Sterne in gerader (senkrechter) Richtung über den Horizont aufsteigen. Das Weitere wird weiter unten erörtert werden.

§. 36.

So wie die Grade der Rectascension auf dem Aequator, nicht auf dem Parallelkreise des Sterns gezählt werden, so pflegt man auch die Grade der Declination nicht auf dem Declinationskreise des Sterns, sondern auf dem ersten Declinationskreise zu zählen. Denn da der Parallel-

kreis des Sterns überall gleich weit vom Aequator entfernt ist, so sind z. B. die Bogen RE, UF, LI alle so groß, wie DK. Man braucht daher nur den ersten Declinationskreis in seine Grade zu theilen, so bestimmt der Bogen desselben, welcher zwischen dem Aequator und dem Parallelkreise des Sterns liegt, dessen Declination. Jetzt wird es begreiflich sein, wie man auf einer künstlichen Himmelskugel oder einer Karte den Ort aller Sterne am Himmel genau bestimmen und so ein treues Bild von dem, was wir am Himmel wahrnehmen, entwerfen kann. Man ziehe nämlich auf der Kugel oder der Karte den Aequator und den ersten Declinationskreis und theile beide, wie Fig. 60. zeigt, in ihre Grade, den Aequator nämlich von seinem Durchschnittspunkte mit dem ersten Declinationskreise aus in der Richtung von Westen nach Osten in 360°, und den ersten Declinationskreis vom Aequator an bis zu jedem Pole in 90°. Die Grade vom Aequator bis zum Nordpole geben die nördliche, die bis zum Südpole die südliche Declination. Ist dies geschehen, so verfahre man auf folgende Art. Gesetzt, man habe durch Beobachtungen am Himmel, die wir weiter unten kennen lernen werden, gefunden, daß ein Stern 34° nördliche Declination und 120° Rectascension habe, so suche man auf dem Aequator den 120sten Grad der Rectascension und lege durch diesen Punkt F einen Declinationskreis NEFS; dann suche man auf dem ersten Declinationskreise 34° nördliche Declination und lege durch diesen Punkt B den Parallelkreis BED, so ist der Punkt E, wo der Declinations- und Parallelkreis sich schneiden, der Ort des Sterns; denn ein Stern in E hat wirklich die gegebene Rectascension und Declination. Eben so ist in der Figur noch der Ort eines Sterns K bestimmt, der 50° südliche Declination und 300° Rectascension hat. Die punktirten Kreise der Figur muß man sich auf der hintern Halbkugel denken.

Wegen der vollkommen gleichförmigen Bewegung der Himmelssphäre kann kein Fixstern seine Declination und Rectascension ändern. Er bleibt immer in demselben Parallelkreise und über demselben Punkt des Aequators senkrecht. Beide Angaben bestimmen also seinen Stand am Himmel genau und für immer. Was hierbei dennoch für

eine Ausnahme Statt finde, davon wird in einem andern Abschnitte die Rede sein.

Der Ausdruck gerade Aufsteigung setzt auch eine schiefe voraus, und diese findet für alle Oerter der Erde Statt, deren Horizont die Tagekreise der Sterne unter schiefen Winkeln schneidet, wie es Fig. 61., wo **GH** der Horizont eines Ortes sein soll, mit den Tagekreisen **BD**, **AQ**, **EF** der Fall ist. Schiefe Aufsteigung ist jetzt der Bogen des Aequators, welcher vom ersten Punkt des Aequators **A** bis zu dem Punkte desselben sich erstreckt, wo beim Aufgehen des Sterns der Horizont den Aequator in Osten durchschneidet. Geht z. B. ein Stern in **O** auf, so ist **L** der Punkt des Aequators, der mit dem Stern zugleich aufgeht, wo also der Horizont den Aequator schneidet; es ist also der Bogen **AL** seine schiefe Ascension. Die Rectascension ist dagegen **AZ**, und der Unterschied dieser von jener, oder der Bogen **LZ**, heißt die Ascensionaldifferenz.

§. 36.

Der Aequator ist kein sichtbarer, sondern nur ein gedachter Kreis am Himmel. Man kann daher die Lage der Sterne gegen den Aequator nicht unmittelbar beobachten, sondern nur vermittelst Schlüsse aus ihrer Lage gegen den Horizont finden, und da diese sich jeden Augenblick ändert, so muß man auch auf die Zeit der Beobachtung Rücksicht nehmen. Ehe wir also zeigen können, wie Declination und Rectascension zu finden seien, müssen wir erst untersuchen, in welcher Beziehung Aequator und Horizont zu einander stehen.

Wenn ein Declinationskreis durch das Zenith eines Ortes geht, so nennt man ihn den Meridian oder Mittagskreis des Orts. Er ist dann zugleich ein Scheitelkreis, der den wahren Südpunkt trifft, denn da er durch Zenith und Pol, z. B. Nordpol, zugleich geht, so liegt er in der Ebene, in welcher der Nordpunkt und Südpunkt sich befinden, geht also durch den letztern. Da nun die Sonne, wenn sie die Mittagszeit für einen Ort bestimmt, allemal in dem Scheitelkreise vom Zenith nach dem Südpunkte steht, und jener Declinationskreis mit diesem in einer Ebene liegt, so läßt sich der Name Meridian oder Mittagskreis erklären. Man kann sich nun vorstellen, daß dieser Meridian an der Sphäre fest ist und daß alle Sterne während ihres täglichen

Umlaufs nach und nach unter demselben weggehen. Jeder Stern, der auf- und untergeht, wird also an der Ostseite des Himmels über den Horizont treten, nach und nach immer höher über denselben sich erheben, dann den Meridian des Orts und zugleich seine größte Höhe über dem Horizont erreichen, und so wie er nun westlich vom Meridian weiter fortgeht, sich dem Horizont wieder nähern, eine immer kleinere und kleinere Höhe über demselben erhalten und endlich an der Westseite des Himmels sich dem Gesichtskreise entziehen. Daß die Sterne im Meridian ihre größte Höhe erreichen, läßt sich auch mathematisch beweisen. Es sei Fig. 62. der Punkt **Z** das Zenith eines Orts, **GH** der Horizont und zwar **GKH** seine östliche, **GIH** die westliche Hälfte, **N** und **S** die Pole, **AQ** der Tagekreis eines Sterns und **NZAS** der Meridian des Orts. In **K** geht der Stern auf und erreicht in **A** den Meridian, wo seine Höhe **AG** ist. Ist nun z. B. der Stern in **B**, so wird seine Höhe **BE** durch den Scheitelkreis **ZBE** bestimmt und es läßt sich zeigen, daß **BE** kleiner sein müsse, als **AG**. Denn zieht man durch **B** den Declinationskreis **NBS**, so bilden die Bogen **BN**, **BZ** und **ZN** ein sphärisches Dreieck, in welchem die Seiten **BZ** und **ZN** zusammen größer, als die dritte Seite **BN** sind. Nun ist aber **BN** = **AN**, weil die Tagekreise in allen Punkten gleich weit vom Pole abstehen, folglich ist auch **BZ** + **ZN** größer, als **NA**. Nimmt man nun auf beiden Seiten den Bogen **ZN** weg, so bleibt **BZ** größer, als **ZA** übrig. Es ist aber **BE** + **BZ** = 90° und **AG** + **AZ** auch = 90°, folglich da **BZ** größer, als **AZ** ist, so muß nothwendig **BE** kleiner, als **AG** sein. Dieser Beweis gilt, man mag den Punkt **B** so nahe bei **A** setzen, wie man will; auch läßt er sich ganz auf eben die Art für die Westseite des Horizonts führen. Es hat also der Stern im Meridian seine größte Höhe und vorher und nachher ist die Höhe kleiner.

§. 37.

Die Lage der Sterne gegen den Aequator hängt von ihrer Lage gegen den Pol ab, denn da der Pol 90° vom Aequator absteht, so ist der Abstand eines Sterns vom Pole gleich der Ergänzung seines Abstandes vom Aequator zu 90°, und umgekehrt. Ist z. B. ein Stern vom Aequator 40° entfernt, so ist sein Abstand vom Pole = 50°

und ist dieser letztere = 30°, so ist er 60° vom Aequator entfernt. Die Lage des Pols aber gegen den Horizont, also auch die Lage des Aequators gegen denselben ist für jeden nördlicher oder südlicher gelegenen Ort verschieden. Will man also die Lage der ganzen Himmelssphäre gegen einen Ort der Erde bestimmen, so muß man die Lage des Pols gegen seinen Horizont untersuchen, und da der Pol immer unverrückt am Himmel bleibt, so hat er gegen denselben Ort auch immer dieselbe Lage, und es braucht daher diese nur ein für alle Mal bestimmt zu werden. Die ganze Untersuchung beruhet also auf der Aufgabe, die Höhe des Pols über dem Horizont eines Orts, oder kurz, die Polhöhe eines Orts zu bestimmen. Ist Fig. 62. der Punkt Z das Zenith eines Orts und **GH** sein Horizont, **N** aber der Pol, z. B. der Nordpol, und **AQ** der Aequator, so ist der Bogen **NH** die Polhöhe dieses Orts, **ZA** der Abstand des Zeniths vom Aequator, **ZN** der Abstand des Pols vom Zenith, **AG** die größte Höhe des Aequators über den Horizont. Da **ZH** und **AN** = 90° sind, so ist **ZH** = **AN**, und wenn man von beiden den Bogen **ZN** wegnimmt, so ist **AN** — **ZN** = **ZH** — **ZN**, d. h. der Bogen **AZ** = **NH**, also Polhöhe und Abstand des Aequators vom Zenith einander gleich. Da ferner sowohl **ZG** als **AN** = 90° sind, so ist **ZG** = **AN**, folglich auch **ZG** — **AZ** = **AN** — **AZ**, d. h. **AG** = **ZN**, d. h. die Aequatorshöhe **AG** ist gleich dem Abstande **ZN** des Pols vom Zenith. Ist daher die Polhöhe bekannt, so weiß man auch die Höhe des Aequators, denn beide ergänzen einander zu 90°. Die Tiefe des unsichtbaren Pols **S** unter dem Horizont oder der Bogen **GS** ist eben so groß, wie die Höhe des sichtbaren Pols; denn die Scheitelwinkel **GCS** und **HCN** am Mittelpunkte der Kugel sind einander gleich, also auch die Bogen **GS** und **HN**, welche diese Winkel messen. Eben so ist die größte Tiefe des Aequators unter dem Horizont, oder der Bogen **HQ**, gleich seiner größten Höhe über demselben, oder dem Bogen **AG**. Man sieht also, wie durch die Polhöhe die Lage des ganzen Aequators gegen den Horizont, folglich auch die Lage aller Sterne, somit die Lage der ganzen Sphäre, gegen den letztern bestimmt wird.

§. 38.

Der Meridian theilt jeden Tagekreis eines Sterns in 2 gleiche Hälften, in die östliche und westliche; denn seine Ebene geht durch die gemeinschaftliche Axe aller Tagekreise und folglich auch durch ihre Mittelpunkte, da diese in der Axe liegen. Die beiden entgegengesetzten Punkte, wo der Meridian den Tagekreis schneidet, z. B. **B** und **D** (Fig. 61.) sind daher die Endpunkte des Durchmessers jedes Tagekreises und da der Durchmesser jeden Kreis in 2 gleiche Hälften theilt, so ist **DOB = BPD**. Der Horizont aber schneidet die Parallelkreise in 2 meistens ungleiche Theile; der, welcher über dem Horizont liegt, heißt der Tagebogen, und der unter dem Horizont befindliche der Nachtbogen, weil es Tag ist, so lange die Sonne ihren Tagebogen durchläuft, d. h. über dem Horizonte ist, und Nacht, während sie sich durch den Nachtbogen, also unterhalb des Horizonts, bewegt. In Fig. 67. sind **OBP**, **LAM**, **IEK** die Tage-, und **PDO**, **MQL**, **KFI** die Nachtbogen. Beide werden ebenfalls durch den Meridian halbirt und es ist **OB = BP**; **LA = AM**; **IE = EK**; desgleichen **PD = DO**; **MQ = QL**; **KF = FI**. Dies ergibt sich schon aus der Ansicht und läßt sich auch mathematisch beweisen. Die Auf- und Untergangspunkte eines Sterns sind daher vom Südpunkte gleich weit entfernt, d. h. sie haben gleiches Azimuth, nur der eine östlich, der andere westlich. Unter allen Tagekreisen wird allein der Aequator von jedem Horizont in 2 gleiche Theile getheilt, weil beide als größte Kreise sich gegenseitig halbiren müssen (§. 3. Nr. 9.). Steht also ein Stern im Aequator, so ist sein Tagebogen so groß, als sein Nachtbogen, **LAM = MQL**. Es sind also **AL** und **AM** eben sowohl Quadranten, als **GL** und **GM**, und da der Ost- und Westpunkt 90° vom Südpunkte absteht, so sind **L** und **M**, d. h. die Durchschnittspunkte des Aequators und Horizonts, allemal die wahren Ost- und Westpunkte, und jeder Stern im Aequator muß genau im Ostpunkte auf- und im Westpunkte untergehen. Tagekreise, die nach dem über dem Horizont sichtbaren Pole zu liegen, werden so vom Horizont geschnitten, daß der Tagebogen größer ist als der Nachtbogen, z. B. **OBP** größer als **PDO**. Bei denen aber, die nach dem unsichtbaren Pole zu liegen, ist der Nachtbogen größer, als der Tagebogen, **KFI** größer

als IEK. Je mehr der Tagekreis nach dem sichtbaren Pol zurückt, desto größer wird der Tage- und desto kleiner der Nachtbogen. Rückt er so weit herauf, daß er den Horizont in H bloß berührt, so liegt er ganz über dem Horizont und hat nur Einen Punkt mit demselben gemein, z. B. RH. Der Stern geht dann nicht unter, sondern steht nur in H genau im Horizont. Seine Declination RA oder HQ ist dann gleich der Aequatorshöhe, denn HQ = AG, folglich auch AR = HG. Je mehr sich dagegen der Tagekreis dem unsichtbaren Pole nähert, desto kleiner wird der Tagebogen, bis endlich dieser da verschwindet, wo der Tagekreis den Horizont nur in Einem Punkte G berührt, so daß der Stern gar nicht mehr aufgehen, sondern nur in G, also im wahren Südpunkte einen Augenblick im Horizonte stehen kann. Die Declination des Sterns ist dann AG, also = der Aequatorshöhe. Zu den Sternen, welche auf- und untergehen, gehören also nur die, deren Declination, mag sie nun nördlich oder südlich sein, kleiner ist als die Aequatorshöhe des Orts. Ist sie dieser gleich, so liegt entweder ihr Tagekreis, bis auf Einen Punkt H, ganz über dem Horizont, wenn sie an der Seite des sichtbaren Pols sich befinden, oder ganz unter demselben, bis auf den einzigen Punkt G, wenn sie an der Seite des unsichtbaren Pols stehen. Sterne, deren Declination die Aequatorshöhe übertrifft, gehen entweder gar nicht unter, oder gar nicht auf, je nachdem sie auf der Seite des sichtbaren oder des unsichtbaren Pols ihre Tagekreise beschreiben. Da, wo die Aequatorshöhe am größten, also = 90° ist, folglich unter dem Aequator selbst, gehen alle Sterne auf und unter, weil dann die Declination jedes Sterns kleiner als die Aequatorshöhe ist, die Pole selbst ausgenommen, wenn sich da gerade ein Stern befindet.

§. 39.

Da nach dem Vorigen ein Stern im Meridian seine größte Höhe hat, so befindet er sich gleichsam auf dem höchsten Gipfel (culmen) seiner Bahn und darum sagt man von ihm, er culminire, und nennt seinen Stand im Meridian die Culmination. Ist Fig. 67. der Halbkreis NAS der Meridian, so sind für die Tagekreise RH, BD, AQ, EF die Punkte R, B, A, E die Culminationspunkte

und die größten Höhen der Sterne die Bogen **RG, BG, AG, EG.** Ist nun der Stern auf der Westseite unter den Horizont gerückt, so erreicht er im entgegengesetzten Meridian **NQS** seine größte Tiefe. Alsdann culminirt er für unser Nadir, und seine größten Höhen über den Horizont des Nadir sind für die Tagekreise **GT, EF, AQ, BD,** die Bogen **TH, FH, QH, DH.** Man pflegt daher den Meridian, der durch den sichtbaren Pol geht, nämlich **NAS,** den obern, und den, der durch den unsichtbaren Pol geht, **NQS,** den untern zu nennen; die Culmination im erstern heißt die obere, die im letztern die untere. Es ist auch hier einleuchtend, daß oben und unten nur relative Begriffe sind. Was wir oben und unten nennen, nennt unser Nadir unten und oben. Bei Sternen, wie **R,** deren Tagekreise ganz über dem Horizont liegen, den Einen Punkt ausgenommen, wo sie den Horizont berühren, befindet sich der Punkt der untern Culmination im Horizont selbst, nämlich in **H,** und bei Sternen, die sich völlig über dem Horizont bewegen, wie **U,** liegen beide Culminationen über dem Horizont, die obere südlich vom Pole in dem Raume von **N** bis **R,** die untere nördlich vom Pole in dem Raume von **N** bis **H.** In der entgegengesetzten Halbkugel **GFH** ist Alles gerade umgekehrt.

§. 40.

In gleichen Abständen vom Meridian haben die Sterne jedesmal gleiche Höhen, welche man correspondirende Höhen zu nennen pflegt. Es sei Fig. 62. der Punkt **Z** das Zenith eines Orts, **GH** sein Horizont, und zwar **GEKH** die östliche, **GFIH** die westliche Hälfte, **N** und **S** die Pole und **AQ** der Tagekreis eines Sterns. Steht nun derselbe in **B,** also um den Bogen **BA** östlich vom Meridian, so wird seine Höhe **BE** durch den Bogen des Scheitelkreises **ZBE,** und steht er westlich vom Meridian in **D,** so daß sein Abstand **DA** eben so groß ist, als der vorige **BA,** so wird seine Höhe **DF** durch den Scheitelkreis **ZDF** bestimmt. Man lege nun durch den Punkt **B** auf der vordern und den Punkt **D** auf der hintern Halbkugel einen Declinationskreis **NBS** und **NDS,** welche in der Figur beide als ein Kreis erscheinen, der also doppelt gedacht werden muß. In

den sphärischen Dreiecken ANB und AND ist nach der Annahme der Bogen AB = AD, AN gemeinschaftlich und BN = DN, weil jeder Parallelkreis überall gleich weit vom Pole absteht; es sind also diese Dreiecke deckend und daher der Winkel ANB = AND. Betrachtet man nun die Dreiecke BZN und DZN, so ist ZN gemeinschaftlich, BN = DN und der Winkel BNZ = DNZ, wie eben erwiesen, also auch diese Dreiecke deckend und folglich BZ = DZ. Da nun EZ und FZ Quadranten und also beide einander gleich sind, so ist EZ — BZ = FZ — DZ, d. h. BE = DF. Der Stern hat also vor und nach der Culmination, wenn er sich in gleichem Abstande vom Meridian befindet, einerlei Höhe und diese gleichen Höhen nennt man eben correspondirende Höhen. Den Winkel ANB oder AND, d. h. den Winkel, welchen der Declinationskreis eines Sterns mit dem Meridian macht, nennt man den Stundenwinkel, weil die Größe desselben sich genau nach der Zeit richtet, die der Stern braucht, um den Bogen des Parallelkreises, der das Maß des Winkels ist, zu durchlaufen. Dies folgt unmittelbar aus der gleichförmigen Bewegung aller Sterne. Denn wenn jeder 24 Stunden braucht, um seinen ganzen Tagekreis zu durchlaufen und die Bewegung immer gleichförmig ist, so wird er auch die Hälfte, das Viertel, Achtel u. s. w. in der Hälfte, dem Viertel, dem Achtel von 24 Stunden durchlaufen. Deswegen nennt man die Declinationskreise auch die Stundenkreise. Zu gleichen Entfernungen vom Meridian gehören daher immer gleiche Stundenwinkel, so wie auch zu gleichen Höhen über dem Horizont. Da wegen Deckung der Dreiecke BZN und DZN auch der Winkel BZN = DZN, folglich auch die Nebenwinkel AZB oder GZE und AZD oder GZF einander gleich sind, und diese Winkel das Azimuth des Sterns in B und D ausdrücken, weil die Bogen GE und GF ihr Maß sind, so gehört zu gleichen Höhen eines Sterns vor und nach der Culmination auch gleiches Azimuth. Endlich ist auch bei gleichen Höhen die Entfernung des Sterns von seinem Auf- und Untergangspunkte K und I gleich groß, nämlich BK = DI; denn da der Meridian den Tagebogen halbirt, so ist AK = AI, also auch AK — AB = AI — AD, d. h. BK = DI.

§. 41.

Der Meridian kann am Himmel nur dann genau bestimmt werden, wenn der wahre Südpunkt bekannt ist. Ist Fig. 61. der Kreis **GLHMG** der Horizont, und **NASQN** der Meridian, so wird dessen Ebene den Horizont in der geraden Linie **GH** schneiden, die genau durch den Süd- und Nordpunkt des Horizonts gehen muß. Diese Linie nennt man die Mittagslinie, und da durch sie der wahre Südund Nordpunkt bestimmt wird, so ist die Bestimmung derselben eine Hauptaufgabe der Astronomie. Es gibt dafür folgende Methoden:

1) Da die Sterne im Meridian die größte Höhe erreichen, so braucht man nur einen Stern in der Nähe des Meridians so lange mit dem Quadranten ununterbrochen zu beobachten, bis man bemerkt, daß seine Höhe zu wachsen aufhört und wieder abzunehmen anfängt. In diesem Augenblicke befindet sich der Quadrant in der Ebene des Meridian. Befestigt man nun an der Decke des Zimmers 2 vertical herabhängende Fäden und verschiebt man die Aufhängepunkte derselben so lange, bis beide einander und zugleich die Ebene des Quadranten decken, so hängen sie in der Ebene des Meridian und eine gerade Linie auf dem Fußboden in dieser Ebene gezogen, ist die verlangte Mittagslinie. Aber diese Methode gewährt wenig Sicherheit, da die Sterne in der Nähe des Meridian ihre Höhe nur unbedeutend ändern, es also sehr schwer ist, den Augenblick der größten Höhe ganz genau zu bestimmen. Daher sind die andern Methoden besser, welche sich darauf gründen, daß Sterne in gleicher östlichen und westlichen Entfernung vom Meridian gleiche Höhen haben.

§. 42.

2) Versehen mit einer vollkommen genau gehenden Uhr, oder wenigstens mit einer solchen, deren Fehler man genau kennt, richtet man den Quadranten nach einem Sterne, der sich noch an der Ostseite des Himmels befindet, z. B. nach dem Stern **B** (Fig. 62.), beobachte seine Höhe **BE** und bemerke auf der Uhr die Zeit, wo er diese Höhe hat. Nun warte man, bis der Stern den Meridian passirt hat, beobachte ihn so lange mit dem Quadranten, bis er in der westlichen Halbkugel in **D** genau die nämliche Höhe

DF hat, die er in B hatte, und bemerke ebenfalls die Zeit an der Uhr. Man weiß also nun die Zeit, wo er gleich weit östlich und westlich vom Meridian abstand; die Hälfte davon ist die Zeit, wo der Stern wirklich culminirte. In der nächsten Nacht suche man den Stern mit dem Quadranten wieder auf und bemerke die Zeit, wo er vor der Culmination genau wieder die Höhe BE des vorigen Abends hat. Zu dieser Zeit addire man jene gefundene Hälfte, so erfährt man den Augenblick, wo der Stern diesen Abend culminirt. Bringt man nun in dem Zeitpunkte der Culmination den Quadranten in die Ebene des Sterns, so liegt derselbe auch in der Ebene des Meridian, und man kann nun in dieser Ebene von der Decke des Zimmers, wo man beobachtet hat, Verticalfäden herablassen, die sich in der Ebene des Quadranten, also in der Mittagsebene befinden. Eine in der Ebene der Fäden gezogene Horizontallinie ist dann die Mittagslinie. Solche Beobachtungen macht man an mehreren Sternen; geben alle dieselbe Mittagslinie, so kann man von der Richtigkeit derselben überzeugt sein; bemerkt man aber Abweichungen, so sucht man eine Linie, die zwischen allen das Mittel hält, welche, durch öftere Beobachtungen geprüft, endlich die wahre Mittagslinie darstellen wird.

§. 43.

3) Bei den Alten war die Methode sehr gewöhnlich, aus dem Sonnenschatten die Mittagslinie zu finden. Auch jetzt wird dieselbe ihrer Bequemlichkeit wegen noch oft angewendet. Man beschreibe auf einer genau orientirten Horizontalebene aus einem Punkte C (Fig. 63.) mehrere concentrische Kreise und errichte in C einen auf die Ebene senkrechten Stift. Dann beobachte man Vormittags den Schatten des Stifts und bemerke, wenn die Spitze desselben genau einen der gezogenen Kreise berührt. Je näher noch die Sonne dem Horizont steht, desto weiter wird die Schattenspitze von C entfernt fallen und also zuerst den äußersten Kreis in H berühren. So wie nun die Sonne höher rückt, verkürzt sich der Schatten und berührt nach und nach die innern Kreise, z. B. den innersten in G. Nachmittags ist es umgekehrt: die Länge des Schattens wächst, und wenn man aufs Neue beobachtet, so wird zuerst der innere Kreis

in E, dann der äußere in F getroffen. Die Winkel, welche die Schattengrenzen AE, AF und auf der andern Seite AH, AG mit den Horizontallinien CF und CH machen, sind den diesen Schattengrenzen correspondirenden Sonnenhöhen gleich. Denkt man sich nämlich durch A eine mit dem Horizont parallele Ebene gelegt und zieht man in derselben IQ parallel mit CF, und PK parallel mit CH, so sind die Winkel LAP, MAP die Vormittagshöhen der Sonne, wenn sie ihre Strahlen nach der Richtung LA, MA wirft, und diese Winkel sind den Winkeln AHC, AGC, welche die Schattengrenzen mit der Horizontallinie CH machen, gleich, weil sie die gleichliegenden derselben sind. Eben so sind Nachmittags die Winkel NAQ, OAQ die Höhen der Sonne über den Horizont, wenn sie ihre Strahlen nach der Richtung NA, OA wirft, und aus demselben Grunde, wie vorher, sind sie den Winkeln AEC, AFC gleich. Berührt nun der Schatten des Stifts Vor- und Nachmittags den nämlichen Kreis, so ist CG = CE; CH = CF, und da in den Dreiecken ACE und ACG, ACF und ACH die Linie AC immer gemeinschaftlich und bei C rechte Winkel sind, so deckt sich △ ACE mit △ ACG und △ ACF mit △ ACH, folglich ist auch der Winkel AEC = AGC und AFC = AHC, d. h. die Winkel, welche die Schattengrenzen Vor- und Nachmittags mit dem Horizont machen, sind einander gleich und daher auch die Vormittagshöhen der Sonne in den Punkten L und M so groß wie die Nachmittagshöhen in den Punkten O und N. Man hat also in der That correspondirende Höhen beobachtet, in denen die Sonne gleich weit vom Meridian absteht. Man findet also diesen, wenn man die Bogen EG, FH halbirt und durch ihre Mitten und durch C eine gerade Linie BD zieht. Diese liegt alsdann in der Ebene des Meridian und ist folglich die Mittagslinie. Man macht gewöhnlich 3 concentrische Kreise; in der Figur sind der Deutlichkeit wegen nur 2. Es wäre eigentlich Halbirung eines einzigen Bogens AD hinlänglich und daher nur ein Kreis nöthig; aber man macht lieber mehrere Kreise, um, wenn irgendwo ein Fehler vorgegangen sein sollte, so daß die Punkte C, N, O, P nicht genau in einer geraden Linie liegen, denselben durch Aufsuchen einer mittlern Linie verbessern zu können.

§. 44.

So leicht diese Methode ist, so wenig Sicherheit gewährt sie doch für nur einigermaßen genaue Beobachtungen. Ein Hauptfehler entsteht daher, daß die Sonne kein Punkt, sondern eine Scheibe von beträchtlicher Größe ist. Es sei also Fig. 64. **ED** der Durchmesser der Sonnenscheibe, **AB** der Stift, **AH** die Horizontalfläche. Nach **B** fallen Strahlen nicht nur vom Mittelpunkte der Sonne **C**, sondern auch von dem untern Rande **E** und von dem obern **D**. Vermöge des Strahls aus **C** ist **G** das Ende des Schattens, vermöge dessen aus **E** aber **H**, und vermöge des Strahls aus **D**, der Punkt **F**. In dem Raume **FH** ist also Halbschatten, der nach **H** zu immer heller, nach **F** zu immer dunkler wird und sich so allmählig mit dem Kernschatten **AF** vermischt. Dadurch wird die Endspitze des Schattens ungewiß und man kann nicht genau den Punkt beobachten, wo die Spitze den Kreis berührt. Ein anderer Fehler rührt daher, daß die Sonne, da sie, außer der täglichen Bewegung, auch noch eine eigenthümliche von Westen nach Osten hat, des Nachmittages nicht mehr genau in demselben Parallelkreise ist, in dem sie Vormittags war, so daß sie also bei gleicher Höhe über dem Horizont, doch verschiedenen Abstand vom Meridian haben wird. Diesen Fehler kann man indessen fast ganz vermeiden, wenn man die Beobachtungen zur Zeit des längsten Tages anstellt, weil alsdann die Sonne ihre Abweichung vom Aequator, folglich auch den Parallelkreis nur unmerklich ändert. Auch der vorige Fehler wird alsdann wegen der größern Höhe der Sonne vermindert.

§. 45.

4) Endlich gibt auch folgende ganz einfache Beobachtung hinlängliche Genauigkeit zum gemeinen Gebrauche. Der Polarstern und der Stern Alioth im Schwanze des großen Bären, zunächst am Vierecke desselben, sind in der Rectascension ziemlich genau um 180° verschieden. Wenn also der eine südlich vom Pole culminirt, so steht der andere nördlich von demselben im Meridian. Stehen also beide Sterne genau in einerlei Verticalkreis, so muß dieser der Meridian selbst sein. Man befestige also einen senkrecht herabfallenden Faden an der Decke des Zimmers und setze

die Beobachtung der genannten Sterne so lange fort, bis der Faden beide zugleich bedeckt, dann liegt er mit ihnen in der Ebene des Meridian. Nun befestige man noch einen zweiten senkrechten Faden so, daß er jenen ersten und zugleich auch beide Sterne deckt, so liegen beide Fäden in der Meridianebene, und eine gerade Linie von einem zum andern ist die Mittagslinie.

§. 46.

Durch die gefundene Mittagslinie und Mittagsebene hat man sich nicht allein in den Weltgegenden des Horizonts vollkommen orientirt, sondern man kann auch nun an jedem Tage genau die Zeit bestimmen, wann ein Stern culminirt. Hat man nämlich 2 senkrechte Fäden in der Meridianebene angebracht, so wird jedesmal ein Stern culminiren, wenn er von beiden Fäden zugleich bedeckt wird. Statt der Fäden kann man auch einen Quadranten mit einem Fernrohr in der Mittagsebene befestigen, um nicht nur die Culmination der Sterne, sondern auch ihre Höhe im Meridian zu bestimmen, indem das Fernrohr in der Ebene des Quadranten sich auf und nieder bewegen läßt. Eine solche Vorrichtung heißt ein Mauerquadrant, weil derselbe in einer Mauer befestigt ist. Wird bloß ein Fernrohr so in der Mittagsebene festgemacht, daß es sich auf- und niederwärts bewegen, aber nicht seitwärts aus der Ebene verrücken läßt, wobei also die Beobachtung der Culmination, nicht aber die Bestimmung der Höhe der Hauptzweck ist, so heißt eine solche Vorrichtung ein Passageinstrument.

§. 47.

Die Lage des Aequators gegen den Horizont bestimmt man durch die Polhöhe eines Orts. Es ist also von höchster Wichtigkeit für astronomische Beobachtungen, diese Polhöhe zu erforschen. Da die Sterne in der Nähe des Pols nicht untergehen, sondern zweimal über dem Horizont culminiren, so beobachte man Fig. 61. einen solchen Stern in seiner obern Culmination **U** und messe seine Höhe **UH** über dem nördlichen Horizont. Nun beobachte man 12 Stunden später die untere Culmination desselben und messe seine Höhe **VH**. Zieht man dann **VH** von **UH** ab, so bleibt der Bogen **UV** übrig, dessen Mitte der Pol ist. Halbirt man also **UV**, so erhält man **NV** und dieses zur kleinsten Höhe **VH**

addirt, gibt die Polhöhe **NH**. Dadurch erhält man zugleich auch den Abstand des Sterns vom Pole, nämlich **UN**, und folglich auch seine Entfernung vom Aequator oder seine Declination **AU**; denn, da der Bogen **AN** ein Quadrant oder = 90° ist, so ist **AU** = 90° — **UN**. Es sei die Höhe des beobachteten Sterns in der obern Culmination, oder **UH** = 86° 38′, die Höhe in der untern Culmination oder **VH** = 23° 56′, so ist **UV** = 86° 38′ — 23° 56′ = 52° 42′, die Hälfte dieses Unterschiedes also oder **NV** = 26° 21′, daher die Polhöhe **NH** = 26° 51′ + 23° 56′ = 50° 17′, die Entfernung des Sterns vom Pole = 26° 21′, also seine Declination = 90° — 26° 21′ = 63° 39′. Zu bemerken ist, daß die beobachteten Höhen der Sterne wegen der Strahlenbrechung, folglich auch die Polhöhen immer etwas unrichtig werden. Was Strahlenbrechung sei, wie daraus ein Fehler entstehen und wie er verbessert werden könne, werden wir in einem andern Abschnitte zeigen. Je näher der beobachtete Stern dem Pole selbst ist, desto kleiner wird der Fehler; man nimmt daher zur Bestimmung der Polhöhe gewöhnlich den Polarstern selbst, der noch nicht volle 2 Grade vom wirklichen Pole absteht.

§. 48.

Man kann auch, um die Polhöhe zu finden, zuerst die Aequatorshöhe suchen; denn diese, von 90° abgezogen, giebt die Polhöhe. Man beobachtet zu dem Ende Sterne von bekannter Declination. Es sei Fig. 62. in **O** ein Stern und dessen Declination = **AO**. Man beobachte vermittelst des Mauerquadranten seine Höhe im Meridian, also den Bogen **OG**, und ziehe davon die bekannte nördliche Declination **AO** ab, so bleibt die Aequatorshöhe **AC** übrig. Hat der Stern eine südliche Declination, steht er also bei der Culmination in **P**, so ist seine größte Höhe **PG** und diese zu seiner Declination **PA** addirt, gibt ebenfalls die Aequatorshöhe **AG**. Auch bei diesen Beobachtungen macht die Strahlenbrechung Verbesserungen nöthig. Zur möglichsten Vermeidung des daraus entstehenden Fehlers ist es vortheilhaft, Sterne in der Nähe des Zeniths zur Beobachtung zu wählen. Nimmt man statt eines Sterns die Sonne zur Beobachtung, so wird vorausgesetzt, daß man ihren Lauf am Himmel so genau kenne, daß man für jeden Tag ihre Ab-

weichung vom Aequator zu finden wisse. Nur zur Zeit des längsten und kürzesten Tages, wo die Sonne gleiche nördliche und südliche Declination hat, kann man ohne jene Bestimmung zum Zwecke gelangen. Steht also Fig. 62. die Sonne am längsten Tage in **O**, so messe man ihre Höhe **OG**, dann am kürzesten Tage, wo sie in **P** ist, ihre Höhe **PG**; diese, von jener abgezogen, gibt den Bogen **OP** und da in dessen Mitte der Aequator liegt, so halbire man **OP** und addire die Hälfte **AP** zur kleinsten Sonnenhöhe **GP**, oder ziehe die Hälfte **OA** von der größten Höhe **GO** ab, so erhält man die Aequatorshöhe **AG**.

Zu bemerken ist, daß man unter Sonnenhöhe allemal die Höhe des Mittelpunkts der Sonne versteht. Wie man diese findet, zeigt Fig. 65. Es sei **Z** das Zenith, **FH** der Horizont, die Sonne in **D** und ihr Mittelpunkt **c** culminire. Nun messe man die Höhe des untern Sonnenrandes **Ga** und die des obern **Gb**, und ziehe die erstere von der letztern ab, so erhält man den Durchmesser der Sonne **ab**, dessen Hälfte **ac** zur Höhe **Ga** addirt, oder **cb** von **Gb** abgezogen, gibt die Höhe des Mittelpunktes **Gc**. — Auch bei Sonnenbeobachtungen muß auf die Strahlenbrechung Rücksicht genommen werden.

§. 49.

Hat man Meridian und Polhöhe eines Orts bestimmt, so läßt sich die Declination und Rectascension der Sterne finden. Um die Declination zu finden, beobachte man die Culmination des Sterns und messe seine Meridianhöhe. Steht nun der Stern nördlich vom Aequator, z. B. in **O** (Fig. 62.), so ist seine Mittagshöhe **OG** größer als die Aequatorshöhe. Man ziehe also diese oder **AG** von **OG** ab, so bleibt **AO** oder die Declination des Sterns übrig. Befindet sich der Stern in **P**, südlich vom Aequator, welches man daran erkennt, daß seine Meridianhöhe kleiner ist als die Aequatorshöhe, so ziehe man **PG** von **AG** ab; der Unterschied **PA** gibt die südliche Declination des Sterns. Es sei z. B. für einen Ort der Erde die Polhöhe $= 52°$, also die Aequatorshöhe $= 38°$, die Höhe des Sterns **O** sei $= 45°$, so ist seine Declination $= 45° - 38° = 7°$ nördlich. Ist aber die Höhe eines andern Sterns **P** $= 15°$, so ist seine Declination $= 38° - 15° = 23°$ süd-

lich. Um die Declination der Sonne oder des Mondes zu finden, muß man wegen der im vorigen §. gemachten Bemerkung die Declination des obern und des untern Randes suchen, den Unterschied beider halbiren und die Hälfte zur Declination des untern Randes addiren, so ergibt sich die Declination des Mittelpunkts.

Wie man die Declination solcher Sterne, die nicht untergehen, gleich bei der Bestimmung der Polhöhe finde, das haben wir schon §. 47. gesehen.

§. 50.

Die Rectascension der Sterne wird zwar nach §. 35. von einem bestimmten Punkt des Aequators aus von Westen nach Osten gezählt, aber zur Beurtheilung der Lage der Sterne an der Sphäre ist es gar nicht nothwendig, daß man für jeden einzelnen Stern bei der Berechnung von diesem Punkte ausgeht; man kann vielmehr von jedem andern Punkte des Aequators die Grade der Rectascension zu zählen anfangen, z. B. bei jedem Punkte, der mit einem schon bekannten Fixstern zu gleicher Zeit culminirt, so daß die Rectascension aller übrigen Sterne durch ihre Entfernung von dem Declinationskreise dieses Sterns bestimmt wird. Kennt man nämlich die Rectascension dieses Sterns, also seinen östlichen Abstand von jenem ersten Punkt des Aequators, so gibt die östliche Entfernung eines jeden andern Sterns von demselben durch bloße Addition auch seine Rectascension. Denn der Abstand zweier Sterne von einander, von Westen nach Osten gerechnet, ist nichts anders, als der Unterschied ihrer Rectascensionen. Diese Unterschiede zu finden, ist daher die Hauptsache bei Bestimmungen der Art; das Hülfsmittel dazu aber ist die Zeit, welche zwischen den Culminationen zweier Sterne verfließt, weil diese jedesmal dem Stundenwinkel, den der Stern in dieser Zeit zurücklegt, proportionirt ist. In 24 Stunden durchläuft jeder Stern seinen Tagekreis und bewegt sich folglich in jeder Stunde durch 15°, in jeder Minute durch 15′, und in jeder Sekunde durch 15″. Man verwandelt daher die Zeit, die zwischen 2 Culminationen verfließt, durch Multiplication mit 15 in Bogen. Durch eine genaue Mittagslinie und eine richtig gehende Uhr werden die Unterschiede der Rectascension so bestimmt: Es sei Fig. 62. die Rectascension des Sterns O bekannt.

Es culminire derselbe in dem Meridian NAS Abends 8 Uhr 35 Min. 47 Sec. Ein anderer Stern R culminire um 11 Uhr 15 M. 27 S. Der Unterschied beider Zeiten beträgt 2 St. 39 M. 40 S., d. h. als der Stern O im Meridian NAS war, war der Stern R östlich von demselben in dem Stundenkreise NBS, also um den Bogen AB von demselben entfernt, und um diesen zu durchlaufen, braucht er 2 St. 39 M. 40 S. Verwandelt man nun diese Zeit in Grade, Minuten u. s. w., so erhält man (2 St. 39 M. 40 S.) . 15 = 39° 55′, und so groß ist der Bogen AB, d. h. der Unterschied der Rectascensionen beider Sterne. Addirt man nun diesen Unterschied zur Rectascension von O, so erhält man die Rectascension von R. Sterne, die in einerlei Stundenkreise liegen, wie R, B, L, haben einerlei Rectascension. Um die Rectascension der Sonne oder des Mondes aus der eines bekannten Sterns zu bestimmen, muß man, weil auch hier nur von der Rectascension des Mittelpunktes die Rede ist, die Zeit suchen, wo der westliche und östliche Rand culminirt, den Unterschied beider Culminationen halbiren und die Hälfte zur Culmination des östlichen Randes addiren oder von der des westlichen abziehen, so erhält man die Zeit, wo der Mittelpunkt culminirte. Diese mit der Zeit der Culmination des bekannten Sterns verglichen, gibt nach derselben Rechnung, wie vorher, den Rectascensionsunterschied des Sterns und der Sonne oder des Mondes, somit beider Rectascension selbst.

Fünfter Abschnitt.

Die scheinbare Rotation des Himmels ist Folge der Rotation der Erde. Erläuterung, wie dieser Schein entstehen könne. Linien und Punkte, die auf der Erde durch ihre Rotation entstehen. Länge und Breite der Oerter. Erster Meridian. Die Verschiedenheit der Tageszeiten an verschiedenen Oertern der Erde in einem und demselben Augenblicke.

---

§. 51.

Es ist eine sehr natürliche Frage, ob denn der Himmel wirklich mit allen Sternen sich in 24 Stunden um die Erde

drehe. Wenn nach unsern frühern Bemerkungen der Himmel gegen die Erde so groß ist, daß diese nur als ein Punkt gegen denselben betrachtet werden muß, so daß wir uns überall auf ihrer Oberfläche im Mittelpunkte der Himmelssphäre befinden und alle Erscheinungen an derselben so aus jedem Punkte der Erde wahrgenommen werden, als ob sie wirklich aus einem einzigen Punkte gesehen würden: so scheint es in der That ungereimt, daß der Himmel mit allen seinen unzähligen Sternen, von denen wir schon vermuthen können, daß sie wenigstens eben so groß als die Erde sein müssen, da wir sie in der großen Entfernung, die sie von uns haben, doch noch wahrnehmen können, sich um diesen unbedeutenden Punkt, Erde genannt, herumdrehen sollte. Und mit welcher unbegreiflichen Geschwindigkeit müßte dies nicht geschehen, wenn alle diese, gewiß mehrere Millionen Meilen von uns entfernten Weltkörper sich in so kurzer Zeit um die Erde bewegen sollten! Wenn sich daher diese scheinbare Drehung auf eine andere Art erklären ließe, die weniger Ungereimtheiten in sich schlösse, so würde eine solche Erklärung allerdings annehmlicher sein.

Wir haben im gewöhnlichen Leben viel Beispiele von scheinbaren Bewegungen. Fahren wir z. B. auf einer Fähre über einen Fluß, so können wir uns kaum der Täuschung erwehren, daß das Fahrzeug unbeweglich stehen bleibe, und dagegen das Ufer, auf welches wir uns zu bewegen, mit allen darauf befindlichen Gegenständen uns entgegen komme, das entgegengesetzte aber von uns zurückfliehe. Hier wissen wir bestimmt, daß wir uns täuschen und daß die Fähre sich bewegt, nicht das Ufer; aber sollten uns diese und ähnliche Erfahrungen nicht auf den Gedanken bringen, daß auch manche andere Bewegungen, wo die Täuschung nicht so leicht auszumitteln ist, doch wohl nur scheinbar sein könnten? Wir glauben, daß ein Körper sich bewege, wenn er in Beziehung auf andere Gegenstände uns an immer andern und andern Orten erscheint. Aber dieses kann nicht nur geschehen, wenn der Körper sich wirklich bewegt und wir still stehen, sondern auch, wenn wir uns bewegen und der Körper in Ruhe bleibt. Wenn wir uns Fig. 66. in **A** befinden und etwa **GK** eine Gartenwand bedeutet, in **D** aber ein Mensch steht, so scheint uns dieser von **A** aus bei **E** an der Gartenmauer zu sein. Bleiben wir nun in **A** unver-

rückt stehen und bewegt sich der Mensch von **D** nach **H** und **I**, so sehen wir ihn, wenn er nach **H** gekommen ist, in **F**, und ist er in **I** angelangt, so erscheint er uns bei **G**. Aber an eben diesen Orten würden wir ihn auch erblickt haben, wenn er unverrückt in **D** geblieben wäre und wir uns in der Richtung von **A** nach **C** bewegt hätten. Denn in **B** angekommen, sähen wir ihn bei **F** und von **C** aus bei **G**. Es gibt also dieselbe sinnliche Erscheinung, mögen wir uns selbst, oder der Mensch in **D** sich bewegen. Obgleich wir nun in dem angeführten Beispiele aus dem eigenen Gefühle recht gut beurtheilen können, ob uns selbst oder dem Gegenstande in **D** die Bewegung zugeschrieben werden müsse, so gibt es doch in vielen Fällen, wo dieses innere Gefühl oder andere entscheidende Umstände fehlen, wirklich kein Mittel, das Wahre von dem Scheine zu unterscheiden. Ein solcher Fall kann eintreten, wenn wir uns nicht unmittelbar, sondern nur mit dem Raume, worin wir sind, zusammen fortbewegen, wie z. B. wenn wir in einem Schiffe, einer Fähre sind, welche auf dem Wasser fortgeht. Geschieht eine solche Bewegung ganz gleichförmig, ohne Stoß und Erschütterung, so scheint uns der Raum in Ruhe zu bleiben, wie es denn in Beziehung auf uns auch wirklich der Fall ist, und die äußeren Gegenstände sich nach der entgegengesetzten Richtung zu bewegen. Gerade diese Täuschung könnte auf der Erde Statt finden. Sie könnte sich um sich selbst drehen, ja sogar im Weltraume fortgehen, und wir würden wegen der höchsten Gleichförmigkeit der Bewegung nicht das Geringste davon empfinden, sondern an den Gegenständen außerhalb, d. h. an den Sternen des Himmels, eine Ortsveränderung bemerken; es würde uns bei einer solchen Rotation der Erde scheinen, als ob der Himmel sich in 24 Stunden nach entgegengesetzter Richtung um die Erde herumwälze. Wer sich lange im Kreise herumgedrehet hat, glaubt auch endlich, daß die Gegenstände um ihn herum laufen, er selbst aber unbeweglich sei. So könnte sich also auch die Erde um sich selbst drehen und wir dennoch glauben, daß der Himmel sich in entgegengesetzter Richtung um die Erde bewege, weil wir durch die Rotation der Erde immer andere Gegenstände desselben zu Gesicht bekommen. Die Möglichkeit dieser Täuschung wird Fig. 67. deutlich machen. Es sei der größere Kreis der Himmel, der kleinere die Erde, unser Wohnort in

A. Da für A die Linie MQ der Horizont ist, so glauben wir, wenn die scheinbare Bewegung des Himmels durch QRKLM geschieht, also rechts Osten, links Westen ist, die Sonne und die Sterne gehen in Q auf, bewegen sich dann am östlichen Himmel bis K, wo sie culminiren, und wenden sich nun westlich, bis sie in M untergehen, worauf sie die untere Hälfte der Himmelskugel MNOP durchwandern und dann in Q wieder aufgehen. Aber eben diese Bewegung werden wir auch zu erblicken glauben, wenn der Himmel still steht und die Erde nach entgegengesetzter Richtung von Westen nach Osten, also nach der Ordnung der Buchstaben ABDE u. s. w. sich um sich selbst drehet. Es stehe z. B. die Sonne in Q am Himmel fest. In A erblicken wir also dieselbe am Morgenhorizont und sagen, sie gehe auf. So wie wir uns nun mit der Erde von A nach B drehen, so bewegt sich unser Horizont in die Lage LP und die Sonne steht nun um den Bogen QP über demselben erhaben; wir glauben aber in Beziehung auf den Himmel immer noch in A zu sein, und darum kommt es uns vor, als ob die Sonne sich von Q nach R herauf bewegt hätte und um den Bogen QR über unserm Horizont MQ stehe. Kommen wir nun durch die weitere Drehung nach D, so sehen wir die Sonne gerade gegen Süden, weil unser Horizont KO geworden ist. Da wir uns aber immer noch in A und unsern Horizont in QM wähnen, so scheint sich uns die Sonne von Q nach K bewegt zu haben und dort im Süden zu stehen. Gelangen wir nach E, so ist NR unser Horizont; die Sonne in Q steht jetzt von dem Ostende desselben oder N weit entfernt und dem Westende R näher; denn da wir, sobald wir über D hinauskommen, das Gesicht nach der entgegengesetzten Seite kehren, so ist uns Osten links und Westen rechts. Wir glauben aber in A geblieben zu sein, und dies bewirkt dann den Schein, als ob die Sonne sich durch R und K nach L bewegt hätte und nicht mehr weit vom Westpunkte M stände. Gelangen wir endlich nach F, so ist M der Ost- und Q der Westpunkt; wir sehen also die Sonne am westlichen Horizont, d. h. wir glauben, sie stehe in M. Bewegen wir uns nun mit der Erde durch G, H, I bis A, so sehen wir die Sonne gar nicht, weil sie sich unter unsern Horizonten PL, OK, NR befindet; erst, wenn wir nach A zurückkehren, sehen wir dieselbe in Q wie-

der aufgehen, glauben aber, daß sie sich während der Nacht durch **P, O, N** unter der Erde fortbewegt habe. So läßt sich denn also die 24stündige Bewegung des Himmels vollkommen erklären, und nehmen wir dieselbe als bloß scheinbar, die Rotation der Erde aber als wirklich an, so wird auch die eigenthümliche Bewegung der Sonne, des Mondes und der Planeten von Westen nach Osten begreiflicher werden, da wir nun nicht mehr nöthig haben, künstliche Hypothesen zu ersinnen, um diese Bewegung mit der 24stündigen zu vereinbaren. Wahrscheinlich ist also wenigstens die Rotation der Erde; aber weiterhin werden wir auch ganz unwiderlegbare Beweise bekommen, daß sie wirklich Statt finde.

§. 52.

Alle die Punkte, Linien und Kreise, welche durch die scheinbare Umwälzung des Himmels entstehen und die wir bisher nur am Himmel betrachtet haben, finden größtentheils eigentlich auf der Erde Statt. Wenn die Erde sich um sich selbst drehet, so hat sie Pole, Axe, Aequator und Parallelkreise, und wenn wir alle diese an den Himmel versetzen, so sind sie dort nur scheinbar. Stellen wir uns Fig. 68. den kleinen Kreis als die Erde, den größern als den Himmel vor und setzen wir rechts Osten und links Westen, also den Nordpol vor uns, das Auge aber in die Ebene des Aequators, so daß dieser als gerade Linie erscheint: so bewegt sich die Erde von **a** nach **q** um sich selbst, **n** und **s** sind Nord- und Südpol derselben und **ns** ihre Axe. Denkt man sich letztere bis an den Umkreis der Himmelssphäre verlängert, so gibt die Himmelsaxe **NS** und die Weltpole **N** und **S**. Ist nun **aq** der Erdäquator, so entsteht der Himmelsäquator **AQ**, wenn wir uns die Ebene des ersteren bis an den Himmel erweitert denken. Beide liegen also vollkommen in einer Ebene, so daß, wenn man sich die Himmelskugel in der Ebene **AQ** durchschnitten denken wollte, der Schnitt genau durch **aq** gehen würde. Den Erdparallelkreisen **bd, ik, ef, gh** werden am Himmel die Parallelkreise **BD, IK, EF, GH** entsprechen. Man denke sich nämlich die Erde durchsichtig, die Erdparallelen sichtbar auf derselben verzeichnet und ein Auge im Mittelpunkte der Erde, so wird dieses die Erdparallelen am Himmel projicirt erblicken, und diese Projection wird man finden, wenn man sich vom Mit-

telpunkte der Erde aus durch alle Punkte der Erdparallelen gerade Linien gezogen und diese bis an die Himmelssphäre verlängert denkt. Verbindet man dann die Punkte, wo diese Linien letztere treffen, durch eine krumme Linie, so ist diese der correspondirende Himmelsparallel und dieser nichts anders, als die Projection des Erdparallels. Das Ganze ist so ein Kegel, dessen Spitze im Mittelpunkte der Erde liegt, und dessen Axe die Himmelsaxe ist. Die Erd- und Himmelsparallelen aber sind Durchschnitte dieses Kegels, die einander parallel und senkrecht auf die Axe desselben sind, daher Kreise.

§. 53.

Jeder Ort der Erde hat sein eigenes Zenith. Es ist der Punkt am Himmel, welcher durch eine Linie bestimmt wird, die man sich vom Mittelpunkt der Erde durch den Ort bis nach dem Himmel gezogen denken kann; ihre Verlängerung nach der entgegengesetzten Seite bestimmt also das Nadir. Diese Linie steht senkrecht auf die Fläche des scheinbaren, also auch auf die Fläche des wahren Horizonts, dessen Ebene parallel mit dem scheinbaren Horizont durch den Mittelpunkt der Erde geht. So wie der scheinbare Horizont meinen Standort bloß berührt, so durchschneidet der wahre Horizont die Erdkugel in der Mitte, und man könnte die Ebene dieses Schnittes den wahren Erdhorizont nennen. Auch diesen kann man sich in 32 Weltgegenden getheilt denken, die also genau den Himmelsgegenden correspondiren werden. Zieht man auf der Erdkugel vom Standorte aus Kreise, die senkrecht auf den Erdhorizont stehen, so werden diese den Scheitelkreisen am Himmel correspondiren und bestimmen, nach welcher Weltgegend von unserm Standorte aus dieser oder jener Ort der Erde liege. Auch können diese Kreise dienen, um den Abstand der verschiedenen Punkte der Erdfläche von dem angenommenen Standorte aus zu bestimmen, d. h. den kürzesten Weg anzugeben, auf dem man von diesem aus zu denselben gelangen kann. Denn so wie auf einer ebenen Fläche die gerade Linie zwischen zwei Punkten die kleinste Entfernung derselben von einander angibt, so geschieht dieses auf einer Kugelfläche durch Bogen größter Kreise, die man durch beide Punkte legt, und solche größte Kreise sind eben die erwähnten. Auch kann man um

die Erdkugel Kreise parallel mit dem wahren Erdhorizont gezogen denken, die alle den Standort zum Pol haben, also einander concentrisch sind und den Höhenkreisen am Himmel correspondiren. So wie diese die Sterne angeben, welche am Himmel einerlei Höhe haben, so geben jene die Derter an, welche von dem Standorte einerlei Abstand haben. Fig. 69. wird das Bisherige deutlich machen. Der kleine Kreis um **C** ist die Erde, der größere die Himmelskugel, **W** ist der Standort, **Z** sein Zenith, **AB** der wahre Horizont am Himmel, **ab** der wahre Erdhorizont, beide in einerlei Ebenen liegend; **ZD, ZE, ZF, ZG, ZB, ZH, ZI, ZK, ZL, ZA** sind die Scheitelkreise am Himmel, die am Horizont die Weltgegend bestimmen, nach der ein Stern in einem solchen Scheitelkreise gesehen wird und durch welche die Höhen der Sterne gemessen werden; **Wd, We, Wf, Wg, Wb, Wh, Wi, Wk, Wl, Wa** sind die vom Standorte **W** aus senkrecht auf den wahren Erdhorizont gezogenen, jenen Scheitelkreisen entsprechenden und mit ihnen in einer Ebene liegenden Kreise. Denken wir uns z. B. unter dem Orte **W** Berlin, so bezeichnen diese von Berlin aus senkrecht auf den Horizont gezogenen Kreise die Himmelsgegenden, nach denen hin von Berlin aus dieser oder jener Ort der Erde liegt. So trifft z. B. ein solcher Vertikalkreis die Hauptstadt Pecking in China und zeigt, daß dieselbe von Berlin aus ziemlich gegen Nordost $\frac{1}{4}$ Ost liege, daß ihr kürzester Abstand von Berlin etwa 66 Grad oder 990 Meilen betrage, und der geradeste Weg dahin über Danzig, Riga, Nowgorod, Wologda, Orel, Tobolsk, Tomsk, dann durch die Wüste Kobi und die Mongolei gehe. Der Kreis **mr**, der am Himmel dem Kreise **MR** correspondirt, zeigt die Derter an, die alle einerlei Abstand von **W** haben, nämlich **m, n, o, p, q, r, s, t, u, v**, und also auch gleich weit vom wahren Erdhorizont entfernt sind. Alles das läßt sich auf einem künstlichen Erdglobus mit leichter Mühe finden.

§. 54.

So wie die Parallelkreise am Himmel die Entfernung der Sterne vom Aequator oder ihre Declination anzeigen, so bestimmen die Parallelkreise auf der Erde die Entfernung der Derter vom Erdäquator oder ihre *Breite*, welche auch entweder *nördlich* oder *südlich* ist, je nachdem der Ort

Bayerische Staatsbibliothek München

nördlich oder südlich vom Aequator liegt. Diese Breite wird gefunden, wenn man durch den Ort und beide Pole einen Kreis zieht, der also senkrecht auf dem Aequator steht und Meridian oder Mittagskreis genannt wird, weil die Sonne, wenn sie über einem solchen Kreise steht, für alle Oerter, durch welche er geht, Mittag macht. Der Erdmeridian liegt also immer mit dem Himmelsmeridian in einer Ebene. Der Bogen desselben zwischen dem Orte und dem Punkte, wo er den Aequator durchschneidet, ist die Breite des Orts. Man zählt die Grade dieses Bogens eben so, wie die Grade der Declination, vom Aequator aus gegen die beiden Pole, und nimmt zu dem Ende auf Karten einen sogenannten ersten Meridian an, den man 20 Grad westlich vom Meridian der Pariser Sternwarte zieht, so daß er längs der Westküste von Afrika durch die kanarische Insel Ferro weggeht. Dieser erste Meridian wird allein vom Aequator aus in Grade getheilt, so daß man von seinem Durchschnittspunkte mit dem Aequator an bis zu jedem Pole 90 Grad zählt. Alle Länder der sogenannten alten Welt liegen von ihm gegen Osten und Amerika gegen Westen. Ist Fig. 60. der gezogene Kreis die Erde und **NAS** der in seine Grade getheilte erste Meridian, **AQ** der Aequator, **N** und **S** die Pole und **E** ein Ort auf der Erde, so ist **NES** der durch diesen Ort gehende Meridian und der Bogen **FE** die Breite dieses Ortes und zwar nördliche, weil **E** in der nördlichen Halbkugel liegt. Dieser Bogen **EF** ist eben so groß, als der auf dem ersten Meridian befindliche Bogen **AB**, welchen der durch **E** gezogene Parallelkreis von demselben abschneidet; man kann also die Breite eben so gut auf **AB** zählen, als auf **FE**, und darum braucht nur der erste Meridian in Grade getheilt zu werden. Derselbe Meridian **NFS** geht auch durch den auf der südlichen Halbkugel befindlichen Ort **L**, und also ist **FL** dessen südliche Breite und da der Parallelkreis durch **L**, nämlich **MO**, den ersten Meridian in **M** trifft, so zählt man die Grade der Breite des Ortes **L** auf dem Bogen **AM**. Auf Landcharten, welche nicht die ganze Erde, sondern nur Theile derselben darstellen, ist der erste Meridian gewöhnlich nicht gezogen, dafür ist aber der rechte und linke Rand der Charte in die Grade der Breite getheilt. Will man also auf einer solchen Charte die Breite eines Ortes finden, so ziehe man durch

den Ort einen Parallelkreis bis zu dem Rande rechts oder links, so zeigt die bei dem Punkte, wo der Parallelkreis den Rand trifft, stehende Zahl die Breite des Ortes an. Wie man aber den Parallelkreis ziehen soll, ergibt sich, weil auf jeder Charte schon mehrere Parallelkreise wirklich gezogen sind; man braucht also den neuen Parallelkreis nur dem nächsten der schon gezogenen Parallelkreise correspondirend zu ziehen, so ergibt sich das Verlangte.

Was am Himmel die gerade Aufsteigung der Sterne heißt, das nennt man auf der Erde die Länge der Oerter. Man versteht nämlich darunter den Abstand eines Ortes vom ersten Meridian in Graden. Diese Grade werden vom ersten Meridian aus gegen Osten gezählt, und so muß man es allemal verstehen, wenn von Länge überhaupt die Rede ist. Es ist also die Länge immer östliche Länge und dieses Beiwort steht manchmal ausdrücklich dabei, weil bisweilen auch von westlicher Länge gesprochen wird. Wenn nämlich ein Ort auf der Erde dem ersten Meridian nach Westen zu näher liegt, als nach Osten hin, so bestimmt man seinen Abstand von demselben, indem man die Grade vom ersten Meridian an gegen Westen zählt und dies ist dann die westliche Länge. Oestliche und westliche Länge ergänzen immer einander zu 360 Grad, und man findet die eine aus der andern, wenn man sie von 360° abzieht. Hat ein Ort 270° östliche Länge, so ist seine westliche = 360 — 270 = 90° und hat er 40° westliche Länge, so ist seine östliche = 360° — 40° = 320°. Das Alles wird nun auch Fig. 60. deutlich machen. Ist E ein Ort auf der Erde und NAS der erste Meridian, so ziehe man durch E einen Parallelkreis BD, so ist EB der östliche Abstand des Orts vom ersten Meridian, oder seine östliche Länge. Wäre der Ort in P auf der hintern Halbkugel, so wäre der Bogen BEDP seine östliche, und dagegen der Bogen BP die westliche Länge. Um also die Grade der Länge zu zählen, müßte der Parallelkreis BD in seine Grade getheilt sein, und dieses Eintheilen müßte auch bei jedem andern Parallelkreise geschehen, den man durch den Ort zieht, dessen Länge man wissen will. Dies kann man ersparen, wenn man ein für allemal den Aequator von seinem Durchschnitte A mit dem ersten Meridian aus nach Osten zu in seine 360 Grade theilt, wie es Fig. 60. geschehen ist. Um

nun die Länge von E zu bestimmen, ziehe man durch E den Meridian NES, so schneidet dieser auf dem Aequator den Bogen AF ab, und dieser ist eben so groß als BE, d. h. beide Bogen haben gleich viel Grade. Anstatt also die Grade der Länge auf dem Parallelkreise zu zählen, zählt man sie auf dem Aequator vom ersten Meridian bis zu dem Punkte des Aequators, wo der Meridian des Orts denselben durchschneidet. Für den Ort P ist also die östliche Länge, auf dem Aequator gezählt, der Bogen AFQG, und seine westliche Länge der Bogen AG. Auf Charten vertritt der obere und untere Rand die Stelle des Aequators und die Grade desselben zeigen die Grade der Länge an. Will man also auf einer solchen Charte die Länge eines Orts bestimmen, so ziehe man durch denselben einen Meridian bis zu dem obern oder untern Rande und bemerke den Punkt, wo derselbe diesen Rand schneidet; die dabei stehende Zahl zeigt dann den Grad der Länge an.

§. 55.

Durch Länge und Breite wird die Lage eines Orts auf der Erde eben so bestimmt, wie der Ort eines Sterns am Himmel durch Declination und Rectascension. Wie diese Bestimmung geschehe, mag folgendes Beispiel zeigen. Gesetzt, man wisse, daß ein Ort der Erde 34° nördliche Breite und 120° östliche Länge habe, so zähle man Fig. 60. auf dem ersten Meridian NAS vom Aequator aus nach dem Nordpole 34° ab und ziehe durch den so gefundenen Punkt B einen Parallelkreis BD mit dem Aequator. Dann zähle man auf diesem von seinem Durchschnittspunkte A mit dem ersten Meridian 120° gegen Osten ab und ziehe durch den so gefundenen Punkt F den Meridian NEFS, so ist der Durchschnittspunkt E desselben mit dem Parallel BD die gesuchte Lage des Orts auf der Erde, und man ist nun im Stande, denselben auf einem künstlichen Erdglobus oder einer Landcharte zu verzeichnen. Ein anderer Ort habe 60° westliche oder 300° östliche Länge und 50° südliche Breite. Man zähle die Breite von A aus nach S und ziehe durch den so gefundenen Punkt H den Parallelkreis HI; dann zähle man von A aus auf der hintern Halbkugel 60° westliche Länge auf dem Aequator ab und ziehe durch den dadurch bestimmten Punkt G den Meridian NGKS, so ist der

Durchschnittspunkt K desselben mit dem Parallelkreise HI der gesuchte Ort auf der Erde.

§. 56.

Es ist also zur Bestimmung der verschiedenen Punkte der Erdfläche von der größten Wichtigkeit, ihre Länge und Breite zu kennen; denn ohne beides ist es unmöglich, sich deutliche Begriffe von der Lage eines Ortes auf der Erde zu machen. Es muß daher Mittel geben, diese Breite und Länge zu finden, und diese bietet uns wieder der Himmel dar. Es sei Figur 67. der kleine Kreis um C die Erde, der größere der Himmel, B und G die Erd=, R und N die Himmelspole, I und E der Erd= und LP der Himmels=äquator, A aber ein Ort auf der Erde und K sein Zenith. Alsdann ist AI die Breite des Orts und KL der Abstand seines Zeniths vom Himmelsäquator. Es sind aber die Bogen KL und AI einander gleich, d. h. beide haben gleich viel Grade, weil sie einerlei Winkel KCL zugehören. Da nun der Abstand des Zeniths vom Aequator gleich ist der Polhöhe, so ist diese auch der Breite gleich; man findet also letztere nach §. 47. und 48.

§. 57.

Die Länge der Oerter wird, wie die gerade Aufsteigung der Sterne, durch die Zeit bestimmt. Wegen der vollkommenen Gleichförmigkeit der Axendrehung der Erde, gehen in jeder Stunde 15°, in jeder Minute 15′, in jeder Secunde 15″ des Erdäquators und jedes Parallelkreises durch den Meridian. Daraus folgt also, daß Oerter, die 15° östlich oder westlich von uns abstehen, auch eine Stunde eher oder später, als wir, Mittag haben müssen, weil an jedem Orte die Mittagszeit von dem Stande der Sonne im Meridian abhängt. Darüber lassen sich merkwürdige Betrachtungen in Beziehung auf die verschiedenen Tageszeiten an verschiedenen Orten der Erde anstellen; denn in dem Augenblicke, wo wir z. B. Mittag haben, kann jede andere Tageszeit auf der Erde Statt finden, weil überall die Zeit nach dem Stande der Sonne bestimmt wird, und alle andern Tagesstunden sich nach dem Augenblicke des Mittags an jedem Orte richten. Es stelle Fig. 70. der gezogene Kreis die Erde vor. Auf derselben sind mehrere Meridiane,

jeder in 30° Abstand von dem andern gezogen, auf der vordern Halbkugel nämlich die Meridiane **NAS, NLS, NHS, NPS, NUS, NXS** und auf der hintern **NQS, NaS, NbS, NcS, NdS, NeS.** Es ist erstlich einleuchtend, daß alle Oerter der Erde, die unter einerlei Meridian liegen, in einem Augenblicke Mittag und also auch jede andere Tageszeit genau zu einerlei Zeit haben werden. Ist es im Meridian **NAS** an dem Orte **B** 12 Uhr Mittags, 8 Uhr früh, 3 Uhr Nachmittags, so haben auch **A, E,** und jeder andere Punkt dieses Meridians dieselbe Tageszeit. Ist nun rechts Osten und links Westen, so hat der nächste östliche Meridian **NLS** alle Tageszeiten um 2 Stunden, der folgende **NHS** um 4 Stunden u. s. w. früher, der nächste westliche **NeS** aber um 2, der folgende **NdS** um 4 Stunden u. s. w. später. Wenn es in **NAS** Mittag ist, so ist es in **NLS** um 2, in **NHS** um 4, in **NPS** um 6 Uhr Nachmittags u. s. w., dagegen in **NeS** erst um 10, in **NdS** um 8, in **NcS** um 6 Uhr Vormittags u. s. w. Zählt man in **B** Nachmittags 3 Uhr, so hat **K** schon 5, **I** aber 7 und **R** 9 Uhr Abends; dagegen **k** erst Nachmittags 1 Uhr, **i** aber 11 und **h** 9 Uhr Vormittags u. s. w. Daraus folgt auch, daß heute, gestern und morgen ebenfalls nur relative Begriffe auf der Erde sind. Wenn man an einem Orte der Erde sagt: es ist heute Montag, so sagt man an einem andern: es ist Dienstag, und, nachdem man zählt, auch wohl: es ist Sonntag. Gesetzt, es reiste Jemand von dem Orte **B** Montags Mittag um 12 Uhr ab und vollendete in der Richtung von Westen nach Osten eine Reise um die Erde, so würde Folgendes Statt finden. Jedesmal, wenn es an dem Orte **B** Montag Mittag um 12 Uhr wäre, hätte der Reisende in **K** Montag Nachmittag um 2 Uhr, in **I** um 4, in **R** um 6, in **V** um 8, in **Z** um 10, in **D** aber um 12 Uhr Mitternacht zwischen Montag und Dienstag, in **F** also Dienstag früh um 2, in **g** um 4, in **h** um 6, in **i** um 8, in **k** um 10 Uhr Vormittags, und wenn er nach **B** zurückkäme, so würde es nach seiner Rechnung Dienstag Mittag um 12 Uhr sein, während die Einwohner versichern, es ist Montag um 12 Uhr Mittags. Der Reisende hat also einen ganzen Tag gewonnen. Wird umgekehrt die Reise von Westen nach Osten gemacht, so ist es in **B** jedesmal Montags Mittag um 12 Uhr; wenn der Reisende in dem Meridian von **k**

erst Vormittags um 10, in i um 8, in h um 6, in g um 4, in f um 2, in D aber Mitternacht zwischen Montag und Sonntag, in Z also Sonntag Abends um 10, in V um 8, in R um 6, in I Nachmittags um 4, in K um 2 Uhr hat, bei seiner Ankunft in B aber behauptet, es ist heute Sonntag Mittag um 12, während die Einwohner versichern, daß es Montag Mittag um 12 Uhr sei. Er hat also einen Tag verloren. Gingen zwei Reisende von B aus, der eine nach Osten, der andere nach Westen und kämen sie in B wieder zusammen, so würden sie in ihrer Rechnung einen Unterschied von 2 Tagen haben. Der Erstere würde sagen: es ist Dienstag Mittag um 12, der Andere: es ist Sonntag Mittag um 12 und die Einwohner des Orts würden von Montag Mittag sprechen. Ein wirkliches Beispiel der Art gab die erste Erdumsegelung von Ferdinand Magellan im Jahre 1519. Er segelte von Osten nach Westen um die Erde und das Schiff kam den 7ten September 1522 wieder nach Spanien, aber nach der Rechnung der Reisenden war es erst der 6te September. Damals fiel die Sache auf, weil man sie noch nicht zu erklären wußte.

§. 58.

Die eben beschriebenen Beobachtungen sind auch das Mittel, die Länge eines Orts zu bestimmen. Denn wenn man weiß, daß es an irgend einem Orte der Erde eine Stunde früher oder später Mittag ist, als bei uns, so ergibt sich daraus unmittelbar, daß dieser Ort 15° östlich oder westlich von uns absteht. Hat man also eine vollkommen richtig gehende Uhr, welche immer die Zeit des ersten Meridians anzeigt, so wird dieselbe, wenn sie mit der durch die Sonne bestimmten Zeit eines Orts verglichen wird, sogleich angeben, wie viel Stunden derselbe Mittag oder irgend eine andere Tageszeit eher oder später habe, als der erste Meridian. Verwandelt man nun diesen Zeitunterschied in Grade, wie es §. 50. gezeigt ist, so erhält man den Abstand des Orts vom ersten Meridian oder seiner Länge. Es zeige z. B. die Uhr eines Orts 3 Uhr 45 M. 32 S. Nachmittags, die nach dem ersten Meridian gestellte Uhr aber 10 Uhr 36 M. 24 S. Vormittags, so ist der Zeitunterschied = 5 St. 9 M. 8 S. Diese Zeit multiplicire man nun mit 15, so erhält man den zwischen dem Orte

und dem ersten Meridian befindlichen Bogen des Aequators oder seine Länge. Es ist aber 15 . (5 St. 9 M. 8 S.) = 77° 17′, also die Länge des Orts ebenfalls = 77° 17′, denn da derselbe Nachmittagsstunden, der erste Meridian aber Vormittagsstunden zählt, so ist sein Abstand östlich, also der gefundene Bogen die Länge desselben. Wäre die Zeit des ersten Meridians, nämlich obige 10 U. 36 M. 24 S. eine Abendzeit gewesen, so betrüge der Zeitunterschied 6 St. 50 M. 52 S. und diese, in Bogen verwandelt, gäben 102° 43′. Um so viel läge dann der Ort westlich vom ersten Meridian, oder seine westliche Länge wäre 102° 43′. Zieht man nun diesen Bogen von 360° ab, so erhält man die östliche Länge = 257° 17′. Auf der Uhr läßt sich freilich, wenn sie die gewöhnliche Einrichtung hat, nicht unmittelbar sehen, ob sie Vormittags- oder Nachmittagsstunden anzeigt, aber aus andern Umständen läßt sich allerdings beurtheilen, ob der Ort westlich oder östlich vom ersten Meridian liege. Ist die Uhr so eingerichtet, daß der Stundenzeiger sich in 24 Stunden nur einmal herumdrehet und also, wenn er auf 0 Uhr oder 24 Uhr zeigt, gerade 12 Uhr Mittags angibt, die Mitternachtsstunde durch 12 Uhr und die nun folgenden Stunden durch die Zahlen von 12 bis 24 bezeichnet: so weiß man sogleich, ob es Vor- oder Nachmittagsstunden sind. Wenn im obigen Beispiele 10 Uhr 36 M. 24 S. Abendzeit ist, so zeigt sie die Uhr eben so, ist es aber Morgenzeit, so zeigt der Zeiger auf 22 U. 36 M. 24 S.

§. 59.

Umgekehrt läßt sich aus der gegebenen Länge eines Orts die Tageszeit an demselben bestimmen. Die Länge von Leipzig ist 30° 1′ 30″. Dies gibt einen Zeitunterschied zwischen Leipzig und dem ersten Meridian von 2 St. 0 M. 6 S. Ist es also in Leipzig Mittag, so ist es im ersten Meridian 9 U. 59 M. 54 S. Vormittag und umgekehrt, ist es im ersten Meridian Mittag, so zählt Leipzig 2 U. 0 M. 6 S. Nachmittag. Madrid hat eine Länge von 13° 57′ 45″, ist also von Leipzig um 16° 3′ 45″ in der Länge unterschieden, welches einen Zeitunterschied von 1 St. 4 M. 15 S. ausmacht. Ist es also in Leipzig früh um 8 Uhr, so ist es in Madrid erst 6 U. 55. M. 45 S. Petersburg

hat eine Länge von 47° 58′ 30″, liegt also 17° 57′ östlich von Leipzig, folglich ist der Zeitunterschied = 1 St. 11 M. 48 S., woraus sich jede Tageszeit in Petersburg für eine gegebene Leipziger berechnen läßt. Für die eigene Berechnung des Lesers wollen wir die Längen einiger entfernten Orte hersetzen:

Tobolsk	85°	46′	0″
Kamtschatka	174°	22′	30″
Aleppo (in Syrien)	54°	50′	0″
Peking (in China)	134°	7′	30″
Batavia (auf Java)	124°	33′	46″
Philadelphia (in Nordamerika)	302°	28′	15″
Cayenne (in Südamerika)	325°	25′	0″
Otahaiti (unter den Gesellschaftsinseln)	228°	9′	30″

§. 60.

Ein Mittel, die geographische Länge der Oerter auf der Erde zu finden, ist also eine vollkommen richtig gehende Uhr. Sie war besonders wichtig für die Schifffahrt. Wenn der Schiffer in unbekannte Meere kam, so war es durchaus nöthig, sich über den Ort seines Schiffes zu orientiren, um seinen ferneren Lauf darnach zu richten. Die Breite desselben ließ sich durch astronomische Beobachtungen unmittelbar finden; dadurch aber wußte er nur, in welchem Parallelkreise er sich befände, aber nicht den bestimmten Punkt, wo sein Schiff war. Deswegen wurde in England ein Preis von 20,000 Pfd. Sterling auf die Erfindung einer solchen Seeuhr, wie man sie wegen des Gebrauches auf dem Meere zu nennen pflegte, gesetzt und im Jahre 1762 überreichte der Uhrmacher Harrison eine, mit der die Probe auf einer Seereise so glücklich ausfiel, daß dem Künstler die Hälfte des Preises ausgezahlt wurde, weil sich doch in der Folge einige Unrichtigkeiten fanden. Später wurden mehrere solcher Uhren verfertigt, auch in andern Ländern. Da indessen auch in den Gang der besten Uhr durch unvorhergesehene Umstände Unrichtigkeiten kommen können, so war es nothwendig, noch auf andere Mittel zu denken, wie sich die Länge eines Punktes auf der Erdoberfläche bestimmen lasse. Dazu können nun wieder verschiedene Himmelsbegebenheiten dienen, nämlich solche, die für alle Punkte der Erde in einem Augenblicke wahrgenommen werden, so daß die Ver-

schiedenheit der Zeit in der Beobachtung derselben nur von der Verschiedenheit der Tageszeiten in zwei von einander östlich oder westlich abweichenden Punkten herrühren kann. Solche Erscheinungen am Himmel sind z. B. die Verfinsterungen der Monde des Jupiter, die Bedeckungen der Fixsterne durch den Erdmond, die Sonnen- und Mondfinsternisse. Am bequemsten sind die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten und die Mondfinsternisse, weil die übrigen Erscheinungen wegen der Nähe des Mondes nicht genau in dem nämlichen Augenblicke an allen Orten der Erde gesehen werden. In dem Augenblicke aber, wo ein Mond des Jupiter in den Schatten seines Hauptplaneten oder unser Mond in den Erdschatten ein- und austritt, zeigt sich auch diese Erscheinung an allen Orten der Erde, über deren Horizont sie vorgeht; sie wird also von allen Bewohnern dieser Orte zu einerlei Zeit gesehen, aber wegen des verschiedenen Abstandes vom ersten Meridian nicht zu einerlei Tageszeit, sondern von den östlichern Bewohnern in späteren, von den westlichern in früheren Tagesstunden. Sind also Anfang und Ende von dergleichen Erscheinungen für einen bestimmten Ort der Erde, wir wollen setzen: für den ersten Meridian, in astronomischen Tafeln genau berechnet, und man beobachtet das Eine oder das Andere an einem unter einem andern Meridian liegenden Orte der Erde, so gibt der Unterschied der Zeit unmittelbar die Länge des Orts. Gesetzt, der Anfang einer Mondfinsterniß geschähe nach der Berechnung im ersten Meridian Abends um 8 U. 45 M. 36 S.; man beobachtete aber denselben unter einem andern Meridian Abends 10 U. 25 M. 52 S., so wäre der Zeitunterschied = 1 St. 40 M. 16 S., und daraus fände sich die Entfernung des Orts vom ersten Meridian oder seine Länge = 25° 4′.

§. 61.

Man braucht auch hier, wie bei der geraden Aufsteigung, nicht unmittelbar die Entfernung des Orts vom ersten Meridian zu bestimmen; es ist hinlänglich, wenn man den Unterschied der Länge von einem Orte, dessen Abstand vom ersten Meridian schon bekannt ist, zu berechnen sucht. Dazu ist hinlänglich, daß eine Seeuhr genau die Tageszeit eines Orts von bekannter Länge anzeigt, oder daß astronomische

Tafeln für einen solchen Ort berechnet sind. Der Unterschied der Zeit gibt dann den Unterschied der Länge und daraus findet sich diese selbst. Wir wollen annehmen, Uhr oder Tafeln wären nach der Zeit der Sternwarte von Greenwich eingerichtet, deren Länge 17° 39′ 45″ beträgt. Nun beobachte man an einem Orte den Eintritt der Verfinsterung eines Jupiterstrabanten den 3ten März früh um 2 U. 36 M. 48 S.; für Greenwich aber sei derselbe bestimmt um 11 U. 42 M. 18 S. Abends den 2ten März; daraus ergibt sich, daß die Erscheinung in Greenwich um 2 St. 55 M. 50 S. früher gesehen werde, als an dem Orte der Beobachtung, daß also dieser um so viel östlicher liege. Verwandelt man jenen Zeitunterschied in Bogen, so kommen 43° 57′ 30″ und dieses zur Länge von Greenwich addirt, gibt die Länge des Orts = 61° 37′ 15″.

§. 62.

Um die Längenunterschiede zweier nicht sehr von einander entfernter Oerter zu bestimmen, bedient man sich bequem der Feuersignale, die in einer dunkeln Nacht weit gesehen werden können. Man verabredet sich also über die Zeit, wo man an dem einen Orte Pulver anzünden, oder ein Feuer vermittelst eines Schirms plötzlich auf- oder zudecken will. Der andere Beobachter sieht die Lichterscheinung in dem Augenblicke, wo sie entsteht, nach seiner Uhr aber zu einer andern Tageszeit, als am erstern Orte. Gesetzt, die Lichterscheinung würde an ihrem Orte Abends 8 U. 42 M. 15 S. bewirkt, an dem andern Orte aber um 8 U. 45 M. 36 S. beobachtet, so wäre der Zeitunterschied = 3 M. 21 S., welches im Bogen einen Abstand von 50′ 15″ für die beiden Oerter gäbe; um so viel läge also der zweite Ort östlicher, als der erste.

Sechster Abschnitt.

Abweichung der Gestalt der Erde von der vollkommenen Kugelform als Folge ihrer Rotation. Entdeckung dieser Abweichung durch Messungen, und Schluß aus der Abplattung auf die Rotation. Eben das zeigen auch die Versuche mit dem Pendel. Verhältnisse der Erdaxe gegen den Durchmesser des Aequators. Beantwortung einiger Einwürfe gegen die Rotation. Bestimmungen über die Größe der Erde.

---

§. 63.

Wir haben im vierten Abschnitte zu zeigen gesucht, daß die Erde als eine Kugel anzusehen sei. Daß man dieses nicht im strengsten Sinne nehmen könne, lehrt bereits der Augenschein, denn die Oberfläche der Erde ist nichts weniger als glatt und gleichförmig; sie hat Berge und Thäler, Erhöhungen und Vertiefungen, welche die zur vollkommenen Kugelgestalt gehörige Gleichförmigkeit unterbrechen. Aber es ist auch einleuchtend, daß alle diese Ungleichheiten im Verhältniß zum ganzen Erdkörper sehr unbedeutend sind. Denn, wie wir weiter unten sehen werden, beträgt der Halbmesser der Erde 860 Meilen, und von dieser Länge ist die Höhe der höchsten Berge nur etwa der 800ste Theil und die größten Vertiefungen betragen noch viel weniger, also verursachen beide so unbedeutende Abweichungen von der Kugelgestalt, als kleine Sandkörnchen auf einer Kugel von 1 Fuß im Halbmesser hervorbringen würden, wenn man sie hie und da damit bestreuete. Diese kleinen Unregelmäßigkeiten würden uns also gar nicht hindern, die Erde für eine vollkommene Kugel zu erklären. Aber andere Betrachtungen flößen Zweifel dagegen ein, oder beweisen vielmehr, daß sie die genaue Kugelgestalt nicht haben könne, wenn unsere obige, doch sehr wahrscheinliche, Voraussetzung von ihrer Axendrehung ihre Richtigkeit haben soll.

§. 64.

Diese Betrachtungen beziehen sich auf eine Naturkraft, die wir alle unter dem Namen der Schwere kennen, und deren Phänomene sich zwar auf der Erde vorzüglich zeigen, die aber im ganzen Weltall verbreitet und überall nach denselben Gesetzen zu wirken scheint. Auf der Erde äußert sie sich zunächst dadurch, daß jeder Körper, der nicht unterstützt ist, also frei in der Luft schwebt, von selbst in senkrechter Richtung nach ihrer Oberfläche fällt. Nach physischen Gesetzen müßte ein Stein, der in die Höhe geworfen wird, mit immer gleicher Geschwindigkeit bis ins Unendliche fortfliegen und nie wieder nach der Erde zurückkehren. Denn vermöge des Gesetzes der Trägheit muß jeder Körper in dem Zustande beharren, in dem er sich einmal befindet, und kann denselben nicht eher verlassen, als bis eine andere Kraft ihn dazu nöthigt. Ein Körper also, welcher ruhet, wird nicht eher in Bewegung kommen, als bis eine Kraft ihn in Bewegung setzt; eben so aber muß ein bewegter Körper auch so lange in Bewegung bleiben, bis eine Kraft ihn zur Ruhe bringt. Das erstere wird Niemand in Zweifel ziehen; dem letztern aber scheint die Erfahrung zu widersprechen. Jeder bewegte Körper kommt endlich zur Ruhe, ohne daß wir gerade eine Kraft wahrnehmen, welche die Bewegung hemmt. Sehen wir aber genauer zu, so werden wir doch jedesmal eine hemmende, der Bewegung entgegenwirkende Kraft entdecken, welche den Zustand der Ruhe endlich herbeiführt. Wir rollen eine Kugel auf dem Boden fort; die Bewegung wird allmählig immer langsamer, endlich hört sie auf. Wir bemerken aber, daß die Kugel desto länger ihre Bewegung fortsetzt, je ebener der Boden ist: also muß die hemmende Kraft wohl in der Unebenheit des Bodens liegen; es muß die Reibung sein, welche die Kugel bei ihrer Bewegung auf der Fläche erleidet. Wird ein Stein in die Höhe geworfen, so muß er durch einen mit Luft erfüllten Raum sich bewegen; er leidet also ebenfalls eine Reibung, und so ließe es sich dadurch schon vielleicht erklären, daß seine Bewegung immer langsamer wird. Der Stein müßte also, wie die auf einer Fläche fortrollende Kugel, endlich zur Ruhe kommen und nun in der Luft schweben bleiben. Aber das thut er nicht. So wie er zu dem Punkte der Ruhe gekommen ist, beginnt eine rückgängige Bewegung und der Stein nä-

hert sich mit beschleunigter Geschwindigkeit wieder der Erde, bis er dieselbe erreicht hat, obgleich derselbe abermals durch Luft fällt und man also eher eine immer langsamere, als eine beschleunigte Bewegung erwarten sollte. Warum bleibt nun der Stein nicht auch oben in der Luft in Ruhe? Warum fällt er nach der Erde zurück? Warum mit beschleunigter Bewegung? Warum scheint der Widerstand der Luft jetzt seine Wirkung verloren zu haben? Hier muß offenbar eine neue unsichtbare Kraft wirken, die den Körper nach der Erde zurücktreibt und diese eben nennen wir Schwere.

§. 65.

Diese Schwere wirkt senkrecht auf die Oberfläche der Erde und da auf jeden Kreisumfang nur solche Linien senkrecht sind, die verlängert den Mittelpunkt des Kreises treffen, so gehen alle Richtungen der Schwere nach dem Mittelpunkt der Erde zu. In a (Fig. 53.) fällt ein schwerer Körper nach der Richtung **AC**, in **b** nach **BC**, in **d** nach **DC**, **EC** u. s. w. Es muß daher im Mittelpunkt der Erde oder in seiner Nähe die Kraft der Schwere sich gleichsam concentriren, d. h. die gesammte Anziehungskraft der ganzen Erdmasse wirkt so, als ob sie von dem einzigen Mittelpunkte der Erde ausginge, und darum erscheint sie eben als eine Kraft, welche jeden Körper gleichförmig nach diesem Mittelpunkte hinzieht. Sie scheint daher eine Modification jener allgemeinen Anziehungs= oder Attractionskraft, durch welche ein Theil der Materie mehr oder weniger an den andern gefesselt und so das Dasein begrenzter Körper möglich gemacht wird. Denn zwei Grundkräfte sind es, welche alle Materie zu Körpern bilden und so das Dasein eines Universums mit bestimmten Formen möglich machen. Sie sind die erwähnte Attractions= und die Expansivkraft. So wie die erstere strebt, Alles nach Einem einzigen Punkte hinzuziehen und in diesem zu vereinigen, so strebt die letztere, Alles ins Unendliche aus einander zu treiben und zum Unbegrenzten auszudehnen. Beide Kräfte waren durch ihren Gegensatz die Bildner des Weltalls und seiner Theile; durch sie entstehen auch die verschiedenen Zustände des Festen und Flüssigen, des Harten und Weichen, des Dampf= und Luftförmigen, in welchen uns die Materie erscheint. Diese Zustände sind nicht diesem oder jenem Körper wesent=

lich, sondern nur zufällige Modificationen, welche die Materie in dieser oder jener begrenzten Form angenommen hat, und darum kann auch jeder Körper, wenn das Verhältniß der beiden in ihm befindlichen Grundkräfte sich ändert, in einen andern Zustand übergehen, der feste in den flüssigen und dampf- oder luftförmigen, oder umgekehrt. Ursprünglich mag das Wesen jedes Weltkörpers der flüssige oder vielmehr der luft- oder dampfförmige gewesen sein. Mehrere Astronomen glauben, daß dieser primitive Zustand noch an den Kometen und einigen sogenannten Nebelflecken erscheine. In diesen Nebelmassen fängt also, wenn ein Weltkörper sich bilden soll, die Kraft der Schwere oder die Anziehungskraft von einem Punkte ihres Innern aus, an zu wirken. Was außerhalb dieses Punktes liegt, wird von demselben gleichförmig nach allen Richtungen hin angezogen, und so müssen überall um diesen Punkt herum Anhäufungen von Materie entstehen, folglich ein Körper gebildet werden, dessen Form offenbar keine andere sein kann, als die Kugelgestalt. So ward denn auch ursprünglich unsere Erde gebildet und zwar anfangs als flüssige Kugel, weil die Expansivkraft ihrer Masse lange Zeiträume hindurch der Anziehungskraft noch das Gleichgewicht gehalten haben mag. Das Zuströmen der materiellen Stoffe mußte aber bald eine Umwälzung der Kugel um ihre Axe bewirken und dadurch erzeugte sich eine neue Kraft, die gleichsam als eine Modification der Expansivkraft zu betrachten ist, nämlich die Schwungkraft.

§. 66.

Wir sehen diese Kraft bei jedem sich um sich selbst drehenden Körper in Wirksamkeit treten, und mit der Schnelligkeit der Umwälzung, an Stärke zunehmen. Man lege nur auf ein sich herumdrehendes Spinnrad einen leichten Körper; augenblicklich wird derselbe von diesem fortgeschnellt werden und zwar ungefähr nach der Richtung der Tangente, welche man an dem Punkte des Rades, wo der Körper aufgelegt wurde, ziehen kann. Dies ist die Wirkung von der Schwungkraft des Rades. Dreht sich eine Kugel, so wird jeder Punkt derselben in einem auf die Axe senkrechten Kreise seinen Umlauf vollenden. Diese Kreise werden nach den Polen zu immer kleiner und der größte derselben ist

der Aequator. In diesem und den ihm zunächst gelegenen Parallelkreisen hat also der sich bewegende Punkt den weitesten Weg zu machen, und er muß ihn in eben der Zeit vollenden, in welcher ein Punkt selbst des kleinsten Parallelkreises seinen Umlauf vollendet. Je länger aber der Weg ist, den ein Körper in einer bestimmten Zeit zurücklegt, desto schneller muß er sich bewegen, desto größer muß also seine Schwungkraft sein. Beides muß also auf der Erde am Aequator und in dessen Nähe der Fall sein; nach den Polen zu aber muß die Schwungkraft in eben dem Verhältnisse, wie die Größe der Parallelkreise, abnehmen und in den Polen selbst = 0 werden. Es wirkt aber die Schwungkraft der Schwerkraft entgegen. Letztere treibt Alles nach dem Mittelpunkte zu; erstere will Alles davon entfernen und nach der Richtung der Tangente fortschleudern. Stellt Fig. 67. **C** den Pol und **ADFH** den Aequator der Erde vor und geschieht die Rotation nach der Richtung **ABD** u. s. w., so bezeichnen die Tangenten **Ab, Bd, De** die Richtung der Schwungkraft in den Punkten **A, B, D**; dagegen **AC, BC, DC** die Richtung der Schwerkraft, wenn man sich jetzt **C** als den Mittelpunkt der Erde denkt. Jeder Punkt der Erdfläche hat also in **A, B, D** ein doppeltes Streben, einmal, sich nach **C** zu bewegen, vermöge der Schwerkraft, das andere Mal nach **b, d, e** fortzufliegen, vermöge der Schwungkraft. Da nun offenbar die eine Kraft die Wirkung der andern vermindert, und da die Schwungkraft am Aequator am stärksten ist, nach den Polen zu aber immer schwächer wird, so muß die Schwerkraft am Aequator am meisten, nach den Polen zu aber immer weniger vermindert werden, bis sie endlich in den Polen selbst in ihrer ursprünglichen Stärke erscheint.

§. 67.

Die Richtigkeit dieser Schlüsse muß sich nun durch verschiedene Erscheinungen auf der Erde offenbaren, zuvörderst durch eine Veränderung der Kugelgestalt der Erde. Hätte die Schwerkraft allein bei ihrer Bildung gewirkt, so mußte sie eine vollkommene Kugel werden; aber gleich beim Anfange ihrer Bildung, also noch während ihres flüssigen Zustandes begann auch die Rotation, und die Schwungkraft fing an, ihre Wirkung auf die flüssigen, also leicht beweg-

lichen Theile zu äußern. Sie folgen nun nicht bloß den Gesetzen der Schwerkraft, die sie nach dem Mittelpunkte zu treibt, sondern auch der Schwungkraft, die sie vom Mittelpunkte zu entfernen sucht, und da diese am Aequator am größten ist und nach den Polen zu immer mehr und mehr abnimmt, bis sie in den Polen selbst = 0 wird, so muß auch das Streben der Theile, sich vom Mittelpunkte zu entfernen, am Aequator am größten sein und nach den Polen zu immer geringer werden. Daraus entsteht offenbar ein Anschwellen des Erdkörpers in der Gegend des Aequators, das nach den Polen zu immer schwächer wird, und dieses Anschwellen verursacht nun ein Strömen der flüssigen Theile von den Polen nach dem Aequator, bis das Gleichgewicht völlig hergestellt ist. Dieses Strömen folgt auch daraus, daß die Theile am Aequator, weil die Schwerkraft daselbst durch die Schwungkraft geschwächt ist, weniger schwer sind, als an den Polen. Die Erdmasse ist also am Aequator leichterer Art als an den Polen und folglich muß die letztere, um das Gleichgewicht herzustellen, nach dem Aequator sich hinsenken, bis die größere Menge der leichteren Masse am Aequator der schwerern an den Polen das Gleichgewicht hält. Aus diesen Gründen konnte nun die Erde die vollkommene Kugelgestalt nicht behalten, sondern mußte am Aequator erhabener, an den Polen flächer werden. Wäre sie ohne Schwungkraft eine Kugel, wie der punktirte Kreis **NASQ** (Fig. 71.) geworden, so mußte sie nun ein länglich runder, kugelähnlicher Körper, wie die ausgezogene krumme Linie **nasq**, werden. Der Durchmesser des Aequators **aq** wurde also größer als die Axe **ns**.

§. 68.

Wenn also die Erde sich um ihre Axe herumdrehet, so muß sie die beschriebene Gestalt haben, folglich kann man auch umgekehrt schließen: wenn die Erde eine solche am Aequator erhabene, an den Polen abgeplattete Gestalt hat, so muß sie eine Rotation um ihre Axe haben. Um daher die letztere zu beweisen, kam es vor Allem darauf an, zu untersuchen, ob die Erde wirklich eine solche Gestalt habe. Dies konnte nun auf keine andere Art, als durch geometrische Ausmessungen geschehen, deren Beschaffenheit sich so übersehen läßt. Ist die Erde eine vollkommene Kugel, so

müssen alle Grade eines Meridians derselben vollkommen gleiche Größe haben, denn dieser Meridian ist dann ein vollkommener Kreis. Dies kann aber bei einer länglich runden Gestalt unmöglich der Fall sein. Ist nämlich die Erde an den Polen abgeplattet, am Aequator erhaben, so ist der Meridian an den Polen flächer, am Aequator gekrümmter. Ein Kreis ist nämlich flächer als ein anderer, wenn seine Krümmung von der den Kreis berührenden geraden Linie weniger abweicht, als die Krümmung des andern, und dieses geschieht in eben dem Verhältnisse, wie der Halbmesser des Kreises größer wird. In Fig. 72. sind aus **C** und **E** Kreise mit verschiedenen Halbmessern alle durch den Punkt **A** gezogen, durch welchen auch die Tangente **BF** geht. Der Bogen **GH**, mit dem Halbmesser **EA** beschrieben, weicht nun offenbar weniger von der geraden Linie **BF** ab, als der Bogen **IK**, mit dem Halbmesser **CA** beschrieben. Man sagt daher, der Bogen **GH** ist flächer als der Bogen **IK**. Ist also der Bogen des Meridians, der den Pol in seiner Mitte hat, vermöge der Abplattung, flächer als derjenige Bogen, dessen Mitte ein Punkt des Aequators ist, so gehört jener Bogen zu einem größern, dieser zu einem kleinern Halbmesser. Die wirkliche Größe der Grade eines Kreises steht aber in genauem Verhältnisse mit der Größe des Halbmessers, womit er beschrieben ist. Sind Fig. 72. die Winkel **o** und **p** einander gleich, so gehört in dem Kreise mit **CA** der Bogen **AN** zum Winkel **o**, in dem Kreise mit **EA** der Bogen **AG** zum Winkel **p**, der mit **o** einerlei ist. So wie also der Halbmesser wächst, so wird auch der zu einerlei Winkel gehörige Bogen größer, und man kann also sagen, bei flächern Bogen sind die Grade größer, als bei gekrümmteren. Ist also die Erde an den Polen abgeplattet, so müssen die Grade des Meridianbogens am Pole größer sein, als die Grade des Meridianbogens am Aequator, weil der letztere gekrümmter ist. Die Messung also, wodurch die Abplattung an den Polen bewiesen werden sollte, beschränkte sich auf die Untersuchung, ob die Grade des Meridians am Pole größer wären, als am Aequator.

§. 69.

Wie kann man aber bestimmen, wie weit ein Grad

auf der Erde sich erstrecke. Dies wird Fig. 73. deutlich machen. Es sei der Kreis um C die Erde, A ein Punkt ihrer Oberfläche. Man sehe in A einen Fixstern E gerade über sich im Zenith. Geht man nun von A nach B auf der Erde fort, so wird das Zenith für B der Punkt D, und der Stern in E wird nicht mehr im Zenith, sondern von demselben entfernt stehen. Nun haben wir schon gesehen, daß die ganze Erde gegen die Entfernung der Fixsterne zu einem Punkte verschwindet, daß also die Linie BE, in welcher man von B aus den Fixstern sieht, vollkommen als parallel mit AE angesehen werden kann. Dies erhellet aus folgender Betrachtung noch deutlicher. Die Gegenstände C, D, E (Fig. 74.) mögen in verschiedener Entfernung von A liegen. In A sehe ich alle nach Einer geraden Linie AE. Bewege ich mich nun von A nach B, so weichen die Gesichtslinien nach C, D, E desto mehr von der mit AE gezogenen Parallele BH ab, je näher mir die Gegenstände liegen, BF mehr als BG und dieses mehr als BE, und es ist einleuchtend, daß, je weiter der Gegenstand E von mir entfernt ist, desto weniger wird die Linie BE von BH verschieden sein, desto mehr wird der Winkel ABE sich dem rechten Winkel ABH nähern. Je größer also der Abstand BE gegen die Weite AB wird, desto mehr wird BE mit AE parallel werden und es kann folglich BE so groß gegen AB werden, daß der Unterschied zwischen den Linien BE und BH ganz verschwindet, und BE eben so gut als parallel mit AE angesehen werden kann, wie es BH wirklich ist. Dies ist nun eben der Fall bei dem ungeheuren Abstande der Fixsterne. Da also die Entfernung derselben von der Erde als unendlich groß angesehen werden kann, so wird Fig. 77. die Gesichtslinie von B aus nach dem Sterne mit der Gesichtslinie nach demselben Sterne von A aus als vollkommen parallel angesehen werden können. Ist aber BE parallel mit CE, so ist auch der Winkel u = o und da der Winkel o den Meridianbogen AB auf der Erde zu seinem Maße hat, der gleiche Winkel u aber den Himmelsbogen DE (denn eben wegen der unendlichen Entfernung kann man auch BD für eben so groß als BE ansehen und also den Bogen DE eben so gut aus B, als aus C beschrieben denken), so hat DE eben so viel Grade als AB, d. h. aus dem Abstande des Sterns E vom Zenith in B erfahre ich, wie viel

Grade der Meridianbogen AB auf der Erde hat, um den ich mich vom Punkte A entfernt habe. Messe ich nun auf der Erde den Bogen AB mit bekannten Längenmaßen, z. B. Meilen, Toisen, Fußen, so erfahre ich die Größe eines Grades in diesem Meridianbogen nach dem gebrauchten Maße und so läßt sich denn durch Ausmessungen bestimmen, ob die Grade am Pole größer sind, als am Aequator.

§. 70.

Solche Ausmessungen wurden denn nun wirklich in den Jahren von 1735 bis 1744 vorgenommen. Newton, der bekannte große Entdecker der Gesetze der Schwerkraft, hatte nämlich schon längst aus theoretischen Gründen, wie wir sie §. 63 bis 68. aus einander gesetzt haben, die Abplattung der Erde an den Polen und ihre Anschwellung am Aequator behauptet. Nun waren aber in Frankreich durch die berühmten Mathematiker Piccard und Cassini in der letzten Hälfte des 17ten Jahrhunderts Messungen eines Meridianbogens geschehen, die gerade das Gegentheil zu beweisen schienen. Denn man fand den Meridiangrad im nördlichen Frankreich kleiner als im südlichen, woraus also zu erhellen schien, daß die Grade nach dem Aequator zu größer, nach den Polen zu kleiner würden, welches die Abplattung an den Aequator, die Erhöhung an die Pole versetzen mußte. Es entstand nun ein viele Jahre dauernder Streit zwischen den englischen und französischen Mathematikern. Erstere beriefen sich auf die Theorie, Letztere auf die Erfahrung, bis endlich die französischen Gelehrten selbst mißtrauisch gegen Piccard's und Cassini's Messungen wurden, da ihre Instrumente noch nicht die zu einem solchen Unternehmen erforderliche Genauigkeit hatten, und da überdies ein Meridianbogen, bloß innerhalb Frankreichs gemessen, viel zu klein schien, um daraus sichere Schlüsse auf die Gestalt des ganzen Kreises zu machen. Um also endlich einmal über die wahre Gestalt der Erde aufs Reine zu kommen, schlug die Akademie der Wissenschaften zu Paris eine Gradmessung in einem dem Aequator und dem Pole nahen Meridianbogen vor. Da leicht vorauszusehen war, daß man schwerlich einen Meridian finden würde, der sowohl am Aequator als am Pole die Ausmessung verstattete, so setzte man voraus, daß alle Meridiane gleichförmig gekrümmt

wären, welche Voraussetzung, kleine Verschiedenheiten abgerechnet, auch wohl anzunehmen war, da sich keine Ursache zu bedeutenden Abweichungen auffinden ließ, und so wählte man denn zum Ausmessen verschiedene, aber sonst bequem gelegene Meridiane. Auf königliche Kosten reisten also die Herrn Bouguer, de la Condamine und Godin nach Peru und vollendeten ihre Messungen in der Landschaft Quito mit dem Jahre 1744. Hier bestimmten sie die Größe eines Meridianbogens von 3 Graden. Mit dem Jahre 1736 reisten auch Maupertuis mit Clairaut, le Monnier, Camus und Outhier nach dem schwedischen Lapplande und maßen bis zum Jahre 1737 einen Meridiangrad in der Gegend von Torneå. Aus diesen und späterhin nochmals wiederholten Gradmessungen zeigte sich denn, daß die Erdmeridiane keine Kreise waren und daß Newtons Theorie auch durch die Erfahrung bestätigt wurde; denn die Grade am Aequator waren gegen 600 Toisen (jede zu 6 Fuß) kleiner, als die am Pole, so daß man einen Grad des Meridians am Aequator zu 56747 und einen an den Polen zu 57318 Toisen setzen kann. Spätere Gradmessungen von andern Gelehrten in der südlichen und nördlichen Halbkugel bestätigten jene frühern, und so war es denn vollkommen auch durch die Erfahrung erwiesen, daß die Erde nicht als Kugel, sondern als eine Ellipsoide anzusehen sei, deren größte Axe der Durchmesser des Aequators, die kleinste der eines Meridians oder die Erdaxe wäre; somit war denn auch die Axendrehung der Erde bestätigt, weil diese Gestalt nur durch die Voraussetzung einer Schwungkraft erklärt werden konnte.

§. 71.

Aber sollte auch Jemand gegen diesen Beweis für die Axendrehung noch Dies oder Jenes einzuwenden haben, so wird doch die Wahrheit des Satzes auch noch durch andere Erscheinungen bestätigt. Drehet die Erde sich um sich selbst, so wird durch den Einfluß der Schwungkraft die Schwerkraft in der Gegend des Aequators vermindert. Dies kann nicht so viel heißen, daß am Aequator ein Körper weniger wiege, als am Pole. Denn ob dies gleich im eigentlichen Sinne der Fall sein müßte, weil das Gewicht der Körper nichts anders ist, als der Druck, den sie vermöge der Schwerkraft gegen einen andern ausüben, der sie hindert,

nach dem Mittelpunkte der Erde zu fallen, so daß nothwendig die Größe des Gewichts im Verhältniß zur Größe der Schwerkraft stehen muß, so war doch dieses auf keine Art auszumitteln, da Körper am Aequator doch nur mit Gewichten, die sich auch am Aequator befanden, gewogen werden. Aber durch eine andere von der Schwerkraft abhängende Erscheinung ließ sich die Sache untersuchen. Ist nämlich diese Kraft am Aequator geringer, als an den Polen, so kann ein Körper in der Nähe von jenem auch nicht so schnell fallen, als in der Nähe der Pole. Unmittelbar mit fallenden Körpern am Aequator und an den Polen Versuche anzustellen, würde aus mehrern Gründen nicht thunlich sein. Die Schwere ist eine Kraft, welche beschleunigend auf den fallenden Körper wirkt, und die Physik zeigt, daß die Räume, welche derselbe in der ersten, zweiten, dritten ꝛc. Sekunde durchläuft, im Verhältnisse der ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 ꝛc. wachsen. In der ersten Sekunde fällt der Körper durch 15 Fuß, in der 2ten schon durch 3 mal 15, in der 3ten durch 5 mal 15, in der 4ten durch 7 mal 15 Fuß u. s. w. Daraus folgt denn, daß vom Anfange des Falles an die Fallhöhen wie die Quadrate der Zahl der Sekunden zunehmen, welche die Dauer des Falles angeben. Fällt der Körper während der ersten Sekunde durch 15 Fuß, so fällt er in den 2 ersten durch 4 mal 15, in den 3 ersten durch 9 mal 15, in den 4 ersten durch 16 mal 15 Fuß u. s. w. Diese Gesetze finden in aller Strenge nur dann Statt, wenn der Körper in einem völlig luftleeren Raume fällt. Fällt er durch Luft, so wird der Widerstand derselben die Geschwindigkeit vermindern, und zwar desto mehr, je dichter die Luft ist. Wollte man also durch den wirklichen Fall eines Körpers das Verhältniß der Schwerkraft am Aequator und an den Polen untersuchen, so müßte erstlich, da wahrscheinlich der Unterschied sehr klein ausfallen wird, die senkrechte Fallhöhe schon sehr bedeutend sein; man müßte ferner eine sehr genaue, selbst Theile einer Sekunde richtig angebende Uhr haben; auch müßte die Beschaffenheit der Dichtigkeit der Luft an beiden Orten genau untersucht und ihre hemmende Kraft gegen den fallenden Körper genau bestimmt werden. Alles dieses macht unmittelbare Versuche mit fallenden Körpern sehr mißlich und läßt wenig genaue Resultate erwarten. Dagegen fand man ein sehr bequemes Auskunftsmittel in der Bewegung des Pendels.

§. 72.

Wenn man Fig. 75. an das eine Ende **B** eines Fadens ein Gewicht befestigt und diesen Faden mit dem andern Ende **A** irgend wo aufhängt, so wird derselbe durch die Wirkung des Gewichts genau in senkrechter Lage herunter gezogen. Hebt man nun den Faden beim Gewichte **B** in die Höhe, so daß er in die Lage **AC** kommt, und läßt nun das Gewicht wieder los, so würde dasselbe, wenn es nicht vom Faden gehalten würde, senkrecht nach der Erde zu fallen. Da aber das Gewicht wegen des Fadens sich von **A** nicht entfernen kann, so wird es beim Fallen den Bogen **CB** beschreiben. In **B** müßte es nun zur Ruhe kommen, wenn die Kraft der Schwere allein wirksam geblieben wäre; aber während des Falles durch **CB** hat das Gewicht eine Schwung- oder Flugkraft erlangt, vermöge der es in **B** nicht ruhen kann, sondern, dem Gesetze der Trägheit zu Folge, sich auf der andern Seite eben so hoch, nämlich bis **D**, wieder erheben muß, als es vorher in **C** erhoben worden war, so daß der Winkel **CAB = BAD** ist. Ist es nun in **D** angelangt, so ist die Wirkung der Schwungkraft aufgehoben, weil sie mit der Schwerkraft in Gleichgewicht gekommen ist; diese aber wirkt immer fort und treibt also das Gewicht durch den Bogen **DB** wieder zurück nach **B**. Vermöge der neu erlangten Schwungkraft muß es nun wieder bis **C** steigen. So wird also das Gewicht **B** in dem Bogen **BC** immer hin und her schwingen, und das ganze Werkzeug heißt nun ein Pendel. Die Reibung des Fadens am Aufhängepunkte **A** und der Widerstand der Luft bewirken freilich, daß die Schwingungsbogen immer kleiner und kleiner werden und das Pendel endlich wirklich in der Lage **AB** zur Ruhe kommt. Aber man kann beides doch so vermindern, daß der Pendel wenigstens eine Zeitlang gleichförmige Schwingungen macht, d. h. daß er in gleichen Zeiten immer gleiche Bogen zurücklegt. Diese ganze Bewegung wird also allein durch die Kraft der Schwere bewirkt; je größer diese ist, desto schneller müssen auch die Schwingungen des Pendels erfolgen. Indessen hängt die Zeit, welche zu einer Schwingung erfordert wird, auch von der Länge des Fadens, d. h. von der Entfernung des Körpers **B** vom Aufhängepunkte **A** ab; je kürzer nämlich der Faden ist, desto schneller geschehen die Schwingungen, je länger, desto

langsamer. Man muß also Pendel von gleicher Länge nehmen, wenn man die Wirkung der Schwere aus der Dauer der Schwingungszeiten an verschiedenen Orten der Erde bestimmen will. Die Entdeckung, daß gleich lange Pendel an Orten, die südlich oder nördlich bedeutend von einander abweichen, verschiedene Schwingungszeiten haben, machte Richer im Jahre 1672. Er wurde wegen astronomischer Beobachtungen von Paris nach Cayenne in Südamerika, welches kaum 5° vom Aequator entfernt ist, geschickt und fand daselbst zu seinem Erstaunen, daß sein mitgenommenes Pendel, welches in Paris seine Schwingungen genau in 1 Sekunde vollendete, täglich um $2\frac{1}{2}$ Minute zurückblieb und also um mehr als eine Linie verkürzt werden mußte, wenn es wieder genaue Sekunden schlagen sollte. Als er nun wieder nach Paris zurückkam, so ging dieses so verkürzte Pendel um eben so viel zu geschwind und Richer mußte ihm die vorige Länge wieder geben. Ein Sekundenpendel nämlich muß von einer Culminaton eines Fixsterns bis zur andern genau 86400 Schwingungen machen. Geschieht dies nun für einen bestimmten Ort der Erde, so wird es näher nach dem Aequator zu weniger, und näher nach den Polen mehr Schwingungen zwischen 2 Culminationen machen. Man braucht also nur die Schwingungen zu zählen, um zu erfahren, ob das Pendel langsamer oder schneller schwinge. Die Beobachtung machte Aufsehen und schien anfangs unerklärlich, da die Gesetze der Schwere noch nicht entdeckt waren. Inzwischen suchte man sich durch mehrfache Versuche zu überzeugen, daß die Erscheinung nicht Täuschung, oder ein Zufall, oder eine Wirkung der verschiedenen Temperatur und verschiedener Luftdichtigkeit sei, worauf denn endlich Huygens und Newton das ganze Phänomen vollkommen erklärten. Man weiß nun, daß ein Sekundenpendel am Aequator im 20sten Grade der Breite um eine Linie, im 52sten um 2 Linien, im 60sten um $2\frac{1}{2}$ Linie verkürzt werden müsse, um an allen diesen Orten Sekunden zu schlagen. So hat man denn einen zweiten unumstößlichen Beweis für die Axendrehung der Erde in dieser einfachen Beobachtung gefunden.

§. 73.

Die weitere Vervollkommnung der Astronomie hat gezeigt, daß auch andere Weltkörper, namentlich Sonne, Mond

und Planeten, sich um ihre Axe drehen, und da sich weiterhin ergeben wird, daß die Erde mit allem Rechte in die Reihe der Planeten zu setzen sei, so erfordert auch das Gesetz der Analogie, anzunehmen, daß die Erde unter allen jenen Weltkörpern nicht die einzige Ausnahme machen werde. In allen diesen rotirenden Körpern hat man in Beziehung auf den Himmel dieselbe Erscheinung, wie bei uns. Auf jedem derselben muß sich der Himmel mit allen Fixsternen auch in der Zeit seiner Rotationsperiode um eine Axe zu drehen scheinen, die mit der Axe des rotirenden Weltkörpers in gerader Linie liegt. Diese Axe hat bei jedem eine andere Lage, folglich auch die Himmelspole. Mit eben dem Rechte, mit welchem wir glauben, daß die Erde stille stehe und der Himmel sich drehe, müssen es auch die Bewohner jener Körper glauben, und doch können wir von unserm Standpunkte aus vollkommen einsehen, daß sie sich täuschen. So werden denn also auch wir uns täuschen.

§. 74.

Kaum scheint es nöthig, noch die Einwürfe zu berühren, welche Unwissende gegen die Bewegung der Erde zu machen pflegen. Hauptsächlich berufen sie sich darauf, daß wir gar nichts von derselben merken, welches bei der großen Schnelligkeit der Bewegung doch um so mehr der Fall sein müßte. Aber sie bedenken nicht, daß es unmöglich sei, eine Bewegung zu fühlen, an der wir selbst Theil nehmen und die mit der größten Gleichförmigkeit ohne die geringste Erschütterung vor sich geht. Auf einem ganz ruhigen Wasser merkt man ja auch nichts von der Bewegung des Fahrzeuges, mit dem wir fortschwimmen. Nur das Unsanfte, Abgebrochene, Ungleichförmige macht die Bewegung eines Fuhrwerkes, in dem wir uns befinden, merkbar. Bewegt sich ein Schiff so mit uns fort, daß es durch Schwanken nicht im Geringsten erschüttert wird, so können wir in demselben herumgehen und jede Art von Geschäften treiben, ohne daß die Bewegung uns daran hinderlich ist. Gerade in diesem Falle sind wir mit der Erde. Wir bewegen uns und treiben unsere Geschäfte auf derselben ganz so, als ob die Erde wirklich ruhete, und die Veränderung unsers Ortes im Weltraume bemerken wir bloß daran, daß die andern Himmelskörper in verschiedene Lagen gegen uns kommen. Doch dies

Alles ist zu einleuchtend, als daß wir uns noch länger dabei verweilen dürfen.

Nur Einen Einwurf wollen wir noch bemerken. Wenn, sagt man, die Erde sich von Westen nach Osten drehet, so muß ein Stein, der von der Spitze eines Thurmes herabfällt, nicht an der Stelle, die sich senkrecht unter ihm befindet, die Erde erreichen, sondern viel weiter westlich, weil die Erdfläche sich während seines Falles nach Osten zu bewegt hat. Aber der Stein, mag er noch in meiner Hand oder in freier Luft sein, theilt die Bewegung der Erde, geht also mit derselben eben so weit nach Osten fort, als der Thurm und muß folglich eben so fallen, als ob die Erde sich gar nicht bewegte. Folgende Beobachtung an einem schnell segelnden Schiffe zeigt die Richtigkeit dieser Erklärung deutlich. Es sei (Fig. 76.) **KL** der obere Rand eines Schiffes, **AB** der Mastbaum, an dessen Spitze sei eine Querstange **AD** befestigt und vom Ende derselben **D** lasse man einen Stein herabfallen. Läge nun das Schiff still, so fiele offenbar der Stein parallel mit dem Maste, also in der Linie **DE** herab, und wäre in **E** eben so weit von **B** entfernt, als **D** von **A** ist. Aber das Schiff bewegt sich während des Falles fort, so daß, wenn der Stein den Boden erreicht hat, der obere Rand die Lage **MN** und der Mast die Lage **FG** hat. Sollte man nun nicht denken, daß der Stein rechts vom Maste in **E** den Boden erreichen müßte? Aber das ist nicht der Fall; der Stein bleibt links vom Mastbaume und erreicht den Boden in **H**, so daß er in der That nach der schiefen Linie **DH** fällt, wie auch ein Beobachter vom Ufer aus deutlich wahrnehmen kann. Dies rührt nun unstreitig daher, daß die Bewegung des Schiffes allen Gegenständen in und auf demselben mitgetheilt ist. So lange als der Stein in dem Punkte **D** oder sonst im Schiffe ruhete, hatte er mit demselben einerlei Bewegung. Wenn das Schiff durch den Raum **EH** sich bewegt, so bewegt sich der Stein durch den eben so großen **DI**. In dem Augenblicke also, wo der Stein fällt, wird er von 2 Kräften getrieben, der Schwerkraft, die ihn durch **DE**, und der Flugkraft des Schiffes, die ihn durch **DI** bewegen will. Es tritt also der Fall der zusammengesetzten Bewegung ein, wo man den Weg des Körpers findet, wenn man aus den Kräften **DE** und **DI** das Parallelogramm **DEHI** macht und

dessen Diagonale **DH** zieht, welche eben der Weg des Körpers ist. Gerade so ist es mit dem vom Thurme fallenden Stein. Dieser hat in **D** auch einerlei Bewegung mit der Erde und vermöge derselben wird er während seines Falles durch den Raum **DI** gehen; folglich ist die Linie, in der er fällt, die Diagonale **DH**. Er fällt also scheinbar eben so bei dem Thurme nieder, als ob er bei der Ruhe der Erde den Weg **DE** durchlaufen hätte. Könnten wir eben so, wie bei dem Schiffe uns nach einem Punkte begeben, der ausserhalb der Bewegungssphäre der Erde läge, so würde uns die Schiefe der Linie **DH** deutlich erscheinen. Aber so geht es uns, wie dem, der im Schiffe bei dem Maste steht: er sieht den Stein auch senkrecht längs dem Maste herabfallen, ungeachtet er wirklich schief fällt.

§. 75.

Bei der Erde tritt aber noch ein Umstand in Betrachtung, auf dem bei dem Schiffe nicht Rücksicht genommen zu werden brauchte. Die Erde nämlich ist eine Kugel. Je weiter nun ein Punkt derselben vom Mittelpunkte entfernt ist, einen desto grössern Kreis muß er während der Axendrehung beschreiben, desto schneller also muß seine Bewegung sein. Fig. 77. beschreiben die Punkte **A** und **B** im Innern der Erde und **D** auf ihrer Oberfläche in gleichen Zeiten immer grössere Bogen **AI, BH, DG**, um den Mittelpunkt **C**, so wie die Halbmesser **CA, CB, CD** grösser werden. Ist nun in **D** ein Thurm, so wird seine Spitze **E** auch einen grössern Kreis beschreiben, als der Fuß **D**, folglich eine grössere Schwungkraft haben. Diese grössere Schwungkraft hat nun auch der von der Spitze herabfallende Stein, und vermöge derselben muß er während seines Falles den Raum **EF** durchlaufen, während der Fuß **D** nur den Raum **DG** durchläuft. Er muß also, wenn man aus den Kräften **ED** und **EF** das Parallelogramm macht, nicht genau an dem Fuße **G** des Thurmes niederfallen, sondern etwas östlich davon in **K**, und so lehren es in der That auch die genauesten, darüber angestellten Versuche. Dieser Umstand ist also ein neuer Beweis von der Rotation der Erde, und jener Einwurf, der zur Erforschung desselben Veranlassung gab, hat also gerade dazu gedient, die Richtigkeit derselben zu bestätigen.

§. 76.

Durch die Abplattung der Erde an den Polen erhält dieselbe eine der elliptischen ähnliche Gestalt, wie sie die ausgezogene Ellipse Fig. 71. zeigt. Ist nun ihre Krümmung regelmäßig elliptisch, so muß jeder der 4 Quadranten, in welche sie von den Durchmessern ns und aq getheilt wird, eine vollkommen gleichförmige Krümmung haben. Die Grade müssen also vom Aequator aus nach den Polen zu an beiden Halbkugeln nas und nqs gleichförmig zunehmen, in dem Quadranten an eben so, wie in as, qn und qs; in gleichen Breiten müssen folglich nicht nur in den Meridianen, sondern auch in den Parallelkreisen gleich große Grade Statt finden. Aber diese Regelmäßigkeit ergibt sich nicht aus den angestellten Messungen. Die Grade der Meridiane nehmen zwar in beiden Halbkugeln von den Polen nach dem Aequator zu ab, aber nicht regelmäßig; insbesondere scheint die südliche Halbkugel asq bedeutend von der nördlichen anq in der Gestalt abzuweichen, so daß sogar beide Hälften von ungleicher Größe sein mögen. Diese Umstände erschweren allerdings eine genaue Berechnung der Größe der Erde; im Ganzen aber sind doch die bemerkten Unregelmäßigkeiten nicht bedeutend genug, um die Resultate, welche die Berechnungen der Gelehrten von ihrer Größe geben, als sehr unrichtig erscheinen zu lassen. Es kommt bei diesen Berechnungen hauptsächlich darauf an, das Verhältniß des Aequatordurchmessers zur Erdaxe genau zu bestimmen. Die Angaben der Astronomen sind in dieser Hinsicht freilich verschieden, und sie müssen es sein, je nachdem sie bei der Berechnung diese oder jene Gestalt der Erdmeridiane, diese oder jene Resultate der angestellten Gradmessungen oder Pendelversuche zum Grunde legten. Ohne uns aber hier auf genauere Erörterungen und Berechnungen einzulassen, wollen wir nur einige Resultate bemerken. Wenn die Erde eine vollkommene Kugel wäre und sich nicht um ihre Axe drehete, so würde vermöge der Schwerkraft ein Körper überall auf der Erde in der ersten Sekunde durch 2177,29 Linien oder 15 Fuß 1 Zoll 5,29 Linien fallen, und dies ist die Größe des wirklichen Falles am Pole, weil daselbst die Schwerkraft unverändert wirkt. Durch die Wirkung der Flugkraft wird diese Fallhöhe am Aequator um 7,44 Linien vermindert. Es verhält sich daher die absolute Schwerkraft

zur Flugkraft, wie 2177,29 zu 7,44 oder wie 293 zu 1, d. h. die absolute Schwerkraft übertrifft die Flugkraft 293 Mal. Daraus läßt sich wieder das Verhältniß der Pendellänge unter dem Aequator und Pole finden. Das Sekundenpendel hat nämlich, wie Rechnung und Erfahrung gibt, unter dem Aequator eine Länge von 439,1 und unter dem Pole von 441,69 Linien. Daraus ergibt sich eben so, wie aus den Gradmessungen, das Verhältniß des Aequatordurchmessers zur Axe. Beide nämlich, wie sich mathematisch beweisen läßt, verhalten sich umgekehrt, wie jene Pendellängen, also der Aequatordurchmesser zur Axe wie 441,69 zu 439,1 oder etwa wie 192 zu 191. Neuere Berechnungen haben dies Verhältniß noch genauer wie 334 zu 333 zu bestimmen gesucht, so daß also die Abplattung der Erdkugel nicht mehr als $\frac{1}{334}$ vom Durchmesser des Aequators beträgt. Daraus ergibt sich der Umfang eines Erdmeridians zu 20'549592 Toisen, und damit stimmt ziemlich eine Berechnung von Klügel überein, die wir nach ihren einzelnen Bestimmungen hierher setzen wollen:

Der Halbmesser der Krümmung unter dem Aequator	=	3'251249 Toisen
	=	852,988 Meilen.
Der Halbmesser der Krümmung unter dem Pole =	=	3'303045 Toisen
	=	866,5654 Meilen.
Der mittlere Halbmesser der Krümmung= = = = =	=	3'271589 Toisen
	=	858,244 Meilen.
Die halbe Axe der Erde =	=	3'262447 Toisen
	=	855,9136 Meilen.
Der Halbmesser des Aequators = = = = = = =	=	3'279991 Toisen
	=	860,5 Meilen.
Der mittlere Halbmesser der Erde = = = = = =	=	3'275790 Toisen
	=	859,403 Meilen.
Größe eines mittlern Grades der Breite = = =	=	57100 Toisen
	=	14,9859 Meilen.

Größe eines Grades auf dem

Aequator = = = = = = 57247 Toisen
= 15,019 Meilen.
Größe eines Grades auf dem
mittlern Umfange der Erde = 57173,5 Toisen
= 15 Meilen.

Berechnet man nach diesen Angaben den mittlern Umfang der Erde in einem Meridian, so kommen 5393 Meilen und für den Umfang im Aequator 5407 Meilen, die Meile zu 3811,6 Toisen oder 23661 Rheinl. Fuß gerechnet. Die Bestimmungen aus den spätern Gradmessungen, die das Verhältniß der Erdaxe zum Aequatordurchmesser wie 333 zu 334 angeben, machen die Erde um ein Weniges kleiner. Berechnet man nun aus Axe und Aequatordurchmesser den mittlern Durchmesser einer Kugel, die dem Erdkörper an Größe gleich käme, so erhält man 1709 Meilen, den Halbmesser also = 859½ Meile. Daraus ergiebt sich dann nach §. 12. Nr. 18. der Umfang der Erde = 5400 Meilen und die ganze Oberfläche nach §. 13. Nr. 12. = 9'282000 Quadratmeilen, der körperliche Inhalt aber Nr. 15. = 2659'300000 Kubikmeilen. Schon längst hat man den 15ten Theil eines Grades für eine geographische Meile genommen, aber die genaue Bestimmung dieser Meile war noch nicht bekannt. Diese Bestimmung hat man durch die angestellten Messungen gewonnen.

§. 77.

Wenn man die Erde als vollkommene Kugel betrachtet, so hat sie in allen Meridianen gleichen Umfang, die Grade der Breite bleiben sich also immer gleich. Da aber die Parallelkreise immer kleiner werden, je weiter sie sich vom Aequator entfernen und den Polen nähern, so werden auch die Grade der Länge immer kleiner, und wenn man aus dem Unterschiede der Länge zweier Oerter, die unter einerlei Parallelkreis liegen oder gleiche Breite haben, ihren Abstand in Meilen bestimmen will, so muß man wissen, wie groß ein Grad der Länge unter diesem Parallel ist. Man findet diese Größe, wenn man 15 Ml., als die Größe eines Grades unter dem Aequator, mit dem Cosinus der Breite des Parallels multiplicirt. Folgende Tabelle zeigt die Größe der Längengrade und zugleich den Umfang des Parallels für alle einzelne Grade der Breite, und zwar bis auf 3 Decimalstellen.

Grade der Breite.	Größe der Grade nach Meilen in den Parallelkreisen.	Ganzer Umfang der Parallelkreise.	Grade der Breite.	Größe der Grade nach Meilen in den Parallelkreisen	Ganzer Umfang der Parallelkreise.
0	15,000	5400	46	10,420	3751
1	14,998	5399	47	10,230	3683
2	14,991	5396	48	10,037	3613
3	14,979	5392	49	9,841	3542
4	14,963	5387	50	9,642	3471
5	14,943	5380	51	9,440	3398
6	14,918	5371	52	9,235	3324
7	14,888	5360	53	9,027	3250
8	14,853	5347	54	8,817	3174
9	14,815	5333	55	8,604	3097
10	14,772	5318	56	8,388	3020
11	14,724	5301	57	8,170	2941
12	14,672	5282	58	7,949	2862
13	14,615	5261	59	7,726	2781
14	14,554	5239	60	7,500	2700
15	14,488	5215	61	7,272	2618
16	14,418	5190	62	7,042	2535
17	14,344	5163	63	6,810	2452
18	14,265	5135	64	6,576	2367
19	14,182	5105	65	6,340	2282
20	14,095	5074	66	6,102	2197
21	14,003	5041	67	5,861	2110
22	13,907	5006	68	5,619	2023
23	13,807	4970	69	5,375	1935
24	13,703	4933	70	5,130	1847
25	13,595	4894	71	4,884	1758
26	13,482	4853	72	4,636	1669
27	13,365	4811	73	4,386	1579
28	13,244	4768	74	4,134	1488
29	13,119	4723	75	3,882	1397
30	12,990	4676	76	3,629	1306
31	12,857	4628	77	3,374	1215
32	12,721	4579	78	3,118	1122
33	12,580	4529	79	2,862	1030
34	12,436	4477	80	2,605	938
35	12,287	4423	81	2,347	845
36	12,135	4368	82	2,088	752
37	11,980	4312	83	1,828	658
38	11,820	4255	84	1,568	564
39	11,657	4196	85	1,307	470
40	11,491	4137	86	1,046	376
41	11,321	4076	87	0,785	282
42	11,147	4013	88	0,523	188
43	10,970	3949	89	0,262	94
44	10,790	3884	90	0,000	0
45	10,607	3818			

Wenn man also in der Nähe des Aequators 14 bis 15 Meilen gegen Osten oder Westen zurücklegen muß, um eine Ortsveränderung von einem Grade in der Länge zu haben, braucht man unter dem 52sten Grade der Breite nur eine Reise von etwa $9\frac{1}{4}$ Meile, in Petersburg unter 60° Breite nur $7\frac{1}{2}$ Meile und am Nordcap unter 71° Breite nur $4\frac{4}{5}$ Meile. Die Stadt Braunschweig liegt mit Irkutsk in Sibirien ungefähr in einem Parallel unter 52° 16′ Breite. Die Länge von Braunschweig ist 28° 12′ von Irkutsk 121° 51′, also der Unterschied = 93° 39′ und da 1° in dieser Breite = 9,235 Meilen ist, so beträgt der Abstand beider Städte etwa 861 Meilen. Unter dem Aequator würde dieser Abstand 1405, unter 70° Breite nur 481 Meilen gefunden werden.

Siebenter Abschnitt.

Von den Wandelsternen überhaupt. Scheinbare Bewegung der Sonne. Ekliptik, Wendekreise, Aequinoctial- und Solstitialpunkte, Coluren, Polarkreise, Länge und Breite der Sterne und ihre Bestimmung. Das Vorrücken der Nachtgleichen. Abnahme der Schiefe der Ekliptik. Eintheilung derselben in 12 Zeichen. Der Thierkreis. Die übrigen Sternbilder. Verschiedene Größen der Fixsterne. Ihr Funkeln.

---

§. 78.

Wir haben uns bisher am Himmel nur um die Erscheinungen bekümmert, welche die Fixsterne vermöge ihrer scheinbaren täglichen Bewegung um die Erde zeigen. Gäbe es keine andern Sterne, so wäre damit unsere astronomische Kenntniß fast ganz erschöpft; höchstens blieben uns noch Betrachtungen übrig, in Beziehung auf die Frage: was denn diese glänzenden Punkte wohl eigentlich sein möchten? Wir haben schon früher unsere Vermuthung geäußert, daß ihre scheinbare Unbeweglichkeit (denn da die Rotation des Himmels nur eine Folge der Axendrehung der Erde ist, so kann von dieser Bewegung nicht mehr die Rede sein) wohl nur Täuschung sei, daß sie keine fest angehefteten, sondern auch frei im Weltraume schwebende Weltkörper sein

möchten, und als wir jetzt diese Bemerkungen unserm Lehrer mittheilten, so hatten sie ganz seinen Beifall. Er versicherte uns, daß wir in der Folge vollkommen überzeugt werden sollten, daß diese anscheinend feststehenden Glanzkörper eben so frei im Weltraume schwebten, wie die Sonne, der Mond und die Planeten, daß die Idee eines festen Himmelsgewölbes nur aus der Kindheit des Menschengeschlechts stamme, und daß ein unendlicher Raum uns nicht anders, als eine hohle Halbkugel erscheinen könne. Diese Ueberzeugung würden wir eben dadurch bekommen, wenn wir uns jetzt mit der Betrachtung der Sonne und der Planeten beschäftigten. Wir würden dann finden, daß auch jene Fixsterne nicht so unbeweglich wären, als es uns schiene, daß sie in verschiedenen Abständen von der Erde sich befänden, also frei im Weltraume schweben müßten, daß die Bestimmung dieser Weltkörper in keiner Beziehung zur Erde stehen könne, da dieselbe fast gar nichts verlieren würde, wenn sie sich nicht am Himmel befänden. Da wir ihm aber doch unser Befremden äußerten, daß man in einer so langen Reihe von Jahren gar keine Ortsveränderung an ihnen bemerkt habe, so zeigte er uns, daß dieses recht gut die Folge ihrer außerordentlichen Entfernung von uns sein könne. Wenn ein Gegenstand, der 5000 Fuß von uns entfernt wäre, sich durch den Raum eines Fußes bewegte, so nähmen wir auch nichts davon wahr, sondern hielten ihn für unbeweglich. So könnten also jene Fixsterne vielleicht Millionen, ja Billionen Meilen durchlaufen und doch würden wir nichts davon wahrnehmen, sobald nur ihre Entfernung von der Erde die gehörige Größe hätte. Gesetzt, ein Fixstern durchliefe einen Kreis, dessen Durchmesser 1000 Millionen Meilen wäre, so braucht er nur 5000 mal weiter, d. h. 5 Billionen Meilen von uns entfernt zu sein, um ihn, trotz seiner ungeheuren Bewegung, doch für unbeweglich zu halten. Nur durch Fernröhre würden wir die Ortsveränderung wahrnehmen, und diese zeigen uns auch in der That solche kleine Bewegungen an den Fixsternen. Diese Vorstellungen erregten unser höchstes Interesse und wir begannen schon mit ganz andern Augen den Himmel über uns anzusehen, als noch vor wenigen Abenden. Es schien, als ob eine neue Schöpfung sich unsern Blicken aufthäte, als ob vor unsern Augen das Chaos erst zu Wel-

ten sich ordnete. Welche Größe mußten Weltkörper haben, die in so unermeßlichen Entfernungen von uns abstehen und uns doch noch sichtbar sind, ja selbst so hellglänzend uns erscheinen! Das konnten keine andern als sonnenähnliche Körper sein, die vielleicht wieder andern Körpern ähnliche Dienste leisteten, wie unsere Sonne der Erde. Und in welcher zahllosen Menge erscheinen sie uns am Himmel, in welchen mannigfaltigen Abstufungen der Größe und des Glanzes, dort weit von einander abstehend, hier in dichte Gruppen zusammengedrängt, so daß wir oft nur durch das Fernrohr unsers Lehrers die einzelnen Sterne in solchen Gruppen unterscheiden konnten. Das brachte uns jetzt schon auf den Gedanken, daß auch die Milchstraße wohl nichts anders sei, als eine unermeßliche Sterngruppe, die den ganzen Himmel ringförmig umgebe. Auch dieser Idee gab unser Lehrer seinen Beifall, bat uns aber, den ferneren Betrachtungen nicht vorzugreifen, sondern uns mit ihm zu unserer Sonne und den Planeten zu wenden, um so zuletzt mit desto mehr Klarheit das Ganze überschauen zu können, wenn wir ohne Sprung von Stufe zu Stufe zu dem Allerheiligsten emporstiegen. Und so gelobten wir ihm denn, ohne weitere Unterbrechung dem Gange seines Unterrichts zu folgen.

§. 79.

Es gibt, fuhr derselbe in seinem Vortrage fort, in Verhältniß zu der zahllosen Menge der Fixsterne nur wenige Weltkörper, die außer der täglichen scheinbaren Umdrehung um die Erde noch eine eigenthümliche, dem Anschein nach ziemlich unregelmäßige Bewegung haben. Zu ihnen gehören außer Sonne und Mond noch fünf schon seit den ältesten Zeiten bekannte Planeten: Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn, zu denen aber in neueren Zeiten noch fünf, bisher unbekannte, entdeckt worden sind: Uranus, Ceres, Pallas, Juno, Vesta. Auch hat man gefunden, daß einige dieser Planeten noch von kleineren Körpern umgeben sind, die sie, wie der Mond die Erde, während ihrer Bewegung beständig begleiten und daher auch den Namen Monde, Nebenplaneten, Trabanten erhalten haben. Im Gegensatze heißen die Weltkörper, in deren Gefolge sie sind, Hauptplaneten. Endlich gehören auch die seltener erscheinenden Kometen, deren Zahl man noch

nicht kennt, zu den Gestirnen mit eigenthümlicher Bewegung. Die Astronomen pflegen der Kürze wegen die Hauptplaneten mit gewissen Zeichen zu bezeichnen, die wir jetzt ihren Namen gleich beifügen wollen:

Merkur ☿	Jupiter ♃	Ceres ⚳	Vesta ⚶
Venus ♀	Saturn ♄	Pallas ⚴	Sonne ☉
Mars ♂	Uranus ♅	Juno ⚵	Mond ☾.

Unter allen diesen Weltkörpern ist für uns keiner so wichtig, als die Sonne, diese wunderbare Kugel, welche aus lauter Lichtstoff gewebt scheint und für unsere Erde durch ihre Licht und Wärme gebende Kraft die höchste Wohlthäterin wird. Ihr verdanken wir alles Leben in der vegetativen und thierischen Schöpfung. Sie ist es, die aus dem Schooße der Erde alle Nahrung hervorruft, die unser Auge dem Schauspiele der Wunder der Schöpfung öffnet, die die wohlthätige Wärme auf den erstarrten Boden herabsendet, den entzückenden Farbenglanz über die Fluren verbreitet und uns in den Stand setzt, den hohen Beruf des Geistes und Herzens in seiner ganzen Ausdehnung zu erfüllen. Gewiß verdient es dieses Gestirn vor allen, daß wir unsere Betrachtungen mit demselben eröffnen und seinen wunderbaren Lauf an dem blauen Firmamente zu erforschen suchen. Jene anscheinend festen Sterne werden uns hierbei gleichsam zu Grenzsteinen dienen, um daran das Fortrücken der Sonne am Himmelsgewölbe abzumessen. Wir bemerken nämlich durch dieses Mittel an der Sonne ein tägliches Fortrücken von Westen nach Osten, bis sie nach Verlauf eines Zeitraums, den wir ein Jahr nennen, uns wieder bei denselben Fixsternen erscheint. Die Helligkeit des Tages erlaubt uns freilich nicht, unmittelbar zu beobachten, bei welchen Sternen die Sonne stehe; aber wir können ihr Fortrücken unter denselben beurtheilen, wenn wir auf die Sterne Acht geben, die nach ihrem Untergange zunächst in Westen sichtbar werden, oder ihr gegenüber in Osten aufgehen, oder um Mitternacht, wo sich dieselbe im untern Meridian befindet, im obern culminiren. Merken wir uns irgend einen hellen Fixstern, der nach dem Untergange der Sonne zuerst am östlichen Rande des Himmels sichtbar wird, und beobachten die Veränderung seines Standes an jedem Abend, so werden wir bald wahrnehmen, wie er nach Sonnenuntergang immer höher in Osten sich zeigt, wie er endlich zu eben die-

ser Zeit im Meridian steht, wie er dann nach Westen zu der Sonne sich immer mehr nähert, bis er bald nach Sonnenuntergang in den Strahlen der Abenddämmerung verschwindet, darauf eine Zeitlang uns ganz unsichtbar bleibt und endlich des Morgens einige Zeit vor Sonnenaufgang in Osten wieder über den Horizont sich erhebt. Offenbar ist nun der Stern während seiner Unsichtbarkeit mit der Sonne zusammen in einerlei Meridian gewesen und hat mit ihr zugleich culminirt; denn vor seinem Verschwinden in der Abenddämmerung stand er noch östlich von der Sonne und jetzt, wo er in der Morgendämmerung wieder sichtbar wird, westlich von derselben. Dieser westliche Abstand von der Sonne vergrößert sich immer mehr; er erscheint in Osten mit jedem Tage früher über dem Horizont, geht endlich um Mitternacht, dann vor Mitternacht auf, bis er zuletzt nach Verlauf von 365 Tagen während der Abenddämmerung wieder zu eben der Zeit in Osten erscheint, wo er zuerst war wahrgenommen worden, so daß Sonne und Stern wieder dieselbe Stellung gegen einander haben.

§. 80.

Da wir aus dem Vorigen schon wissen, daß die tägliche Umdrehung des Himmels nur scheinbar und eine Folge der wirklichen Rotation der Erde ist, so kann, wie wir schon im Anfange bemerkt haben (§. 8.), die ganze Erscheinung auf keine andere Art erklärt werden, als wenn wir der Sonne eine Bewegung von Westen nach Osten zuschreiben und zugleich darauf Rücksicht nehmen, daß unsere gewöhnliche Zeiteintheilung von der Sonne, nicht von den Sternen hergeleitet wird. Wir nennen die Zeit von einem Sonnenaufgang bis zum andern, oder auch von einer Culmination der Sonne bis zur andern, einen Tag und theilen diesen in 24 Stunden; aber diese Zeit ist nicht genau die Umwälzungsperiode der Erde, welche durch die Zeit, die zwischen zwei Culminationen eines Fixsterns fällt, bestimmt wird. Culminirte z. B. gestern Abend der Regulus im Löwen genau um 10 Uhr, so müßte er wegen der gleichförmigen Rotation der Erde heute Abend auch genau um 10 Uhr culminiren, und dies würde der Fall sein, wenn unsere Zeiteintheilung nach dem Laufe der Sterne geordnet wäre. Aber in der Zeit zwischen dem gestrigen und heutigen Abend ist die Sonne ungefähr

um 1 Grad weiter nach Osten zu gerückt, ihr Abstand von dem Sterne hat sich also um 1 Grad vermindert und da die Rotation der Erde 1 Grad in 4 Minuten Zeit zurücklegt, so erblicken wir heute die Sonne erst 4 Minuten später wieder an demselben Orte des Himmels, als gestern, rechnen aber dies als die nämliche Zeit und glauben daher, Regulus culminire heute 4 Minuten früher als gestern, also 9 Uhr 56 Minuten. Alles dies wird Figur 78. näher erklären. Es bedeute der kleine Kreis die Erde, der punktirte die Bahn der Sonne, welche sie scheinbar von Westen nach Osten jährlich um die Erde beschreibt, der ausgezogene größere Kreis sei der Umfang des Himmels, an dem wir die Fixsterne als feststehende Punkte wahrnehmen. Die Erde drehe sich von Westen nach Osten nach der Richtung Adefghik täglich einmal um ihre Axe herum und C sei der Pol dieser Axe. In der Zeit dieser Rotation kommt also der Ort A genau wieder an seinen vorigen Ort in Beziehung auf die Himmelskugel. Es stehe die Sonne in B und ein Fixstern in E, also beide am östlichen Horizont des Ortes A, beide also zugleich im Aufgange. Sonne und Stern beschreiben nun wegen der Rotation der Erde am Himmel einen scheinbaren Kreislauf, die Sonne den Kreis BNLIB, der Stern den Kreis EOPQE, aber Sonne und Stern bleiben nicht immer in einer Linie, wie es in B und E der Fall war, sondern die Sonne bleibt gegen den Stern immer etwas zurück, und wenn der Stern in P angekommen ist und untergeht, so ist die Sonne noch nicht in L, sondern geht etwa erst 2 Minuten später unter. Ist daher der Stern E wieder am Osthorizont von A, also im Aufgehen, so befindet sich die Sonne erst in D, hat sich also von dem Stern um den Bogen BD = 1 Grad entfernt, oder um so viel von Westen gegen Osten bewegt, und es dauert noch 4 Minuten, ehe sie für A in den Punkt B tritt. Als der Stern in E aufging, waren 23 St. 56 M. seit dem vorhergehenden Aufgange verflossen; wenn aber die Sonne in B tritt, sind 24 Stunden ganz vollendet. Am folgenden Tage ist nun die Sonne erst in F, wenn der Stern in E aufgeht, und steht daher 2 Grade östlich von demselben, oder geht 8 Minuten später auf. Am vierten Tage steht sie in G, wenn der Stern in E ist, und so mit jedem folgenden Tage um 1 Grad weiter östlich von dem Sterne. Nach anderthalb

Monaten ist die Sonne erst in H oder 45 Grad östlich von dem Stern, dieser geht also 3 Stunden früher auf als die Sonne. Nach 3 Monaten steht die Sonne erst in I, oder 90 Grad östlich von dem Stern, und dieser geht 6 Stunden früher auf, als die Sonne oder um Mitternacht. Nach $4\frac{1}{2}$ Monat ist die Sonne in K, nach 6 Monaten in L; sie geht also für A unter, wenn der Stern in E aufgeht. Nach $7\frac{1}{2}$ Monat ist die Sonne in M, steht also noch 45 Grad über den westlichen Horizont, wenn der Stern in E am Osthorizont erscheint; nach 9 Monaten ist sie in N und der Stern geht auf, wenn die Sonne am Mittage culminirt; nach $10\frac{1}{2}$ Monat ist die Sonne in R, wenn der Stern in E sich über den östlichen Horizont erhebt; sie steht also 45 Grad über dem östlichen Horizont und der Stern geht Vormittags auf. Endlich, nach 12 Monaten, steht die Sonne wieder in B, mit dem Stern in einer Linie und beide gehen zugleich auf. Die Sonne hat also binnen einem Jahre einen Kreis von Westen nach Osten, also nach der Richtung **BILN**, an der Sphäre vollendet; uns muß es aber scheinen, als ob die Fixsterne binnen einem Jahre von Osten nach Westen einen Kreis **ESOTPUQVE** an der Sphäre beschrieben hätten, und als ob sie täglich noch einen Bogen von 1 Grad über 360 Grad zurücklegten; denn wenn der Stern schon in E ist, wenn sich die Sonne erst in D befindet, so muß er nach m gekommen sein, wenn die Sonne in B aufgeht, weil wir nicht die Zeit von E bis wieder zu E 24 Stunden nennen, sondern die Zeit von E bis wieder zu E und dann noch bis zu m. Wären unsere Uhren nach dem Sternlaufe eingerichtet, so würde uns das Zurückbleiben der Sonne gegen die Sterne sogleich einleuchten und also ihre Bewegung von Westen nach Osten ganz in die Augen fallend sein. In der Folge werden wir finden, daß diese Bewegung der Sonne um die Erde, von Westen nach Osten, keine wirkliche, sondern auch nur eine scheinbare sei und durch eine wirkliche Bewegung der Erde um die Sonne entstehe.

§. 81.

Die Alten richteten ganz besonders ihre Aufmerksamkeit auf die Zeit des Aufgangs oder Untergangs der Fixsterne in Beziehung auf den Sonnenauf- und -untergang und brauch-

ten davon verschiedene Benennungen. Ging ein Stern mit der Sonne zugleich auf, so hieß dies der kosmische Aufgang (ortus cosmicus), weil er gleichsam der Welt (κόσμος) aufging. Ging er mit der Sonne zugleich unter, so war es der akronyktische Untergang (occasus acronyctus), weil er bei Anbruch (ἄκρος) der Nacht (νὺξ) unterging. Erblickte man den Stern zum ersten Male in der Morgendämmerung, so hieß dies der heliakische Aufgang (ortus heliacus, von ἥλιος, die Sonne); ging er aber mit Sonnenuntergang unter, so nannte man dies den kosmischen Untergang (occasus cosmicus), und ging er bei Sonnenuntergang auf, so hieß dies der akronyktische Aufgang (ortus acronyctus). Verschwand aber der Stern am westlichen Horizont in den Strahlen der Abenddämmerung, so war dies der heliakische Untergang (occasus heliacus). Vermittelst der Beobachtung dieser verschiedenen Auf- und Untergänge der Sterne war es den Alten gelungen, die Zeit eines Sonnenumlaufs oder die Größe des Jahres zu bestimmen. Die Aegypter beobachteten zu dem Ende besonders den heliakischen Aufgang des Sirius, des hellsten aller Fixsterne, denn dieser Aufgang zeigte zugleich den Anfang der Nilüberschwemmung an, die so wohlthätig für ihr Land war, und daraus fanden sie denn die Dauer des Sonnenjahres fast ganz richtig, indem sie dasselbe auf 365 Tage und 6 Stunden bestimmten.

§. 82.

Daß die Sonne jährlich einen scheinbaren Umlauf unter den Fixsternen um die Erde habe, ist uns nun klar geworden; aber es ist auch nothwendig, die Lage dieser Sonnenbahn am Himmel genau anzugeben, ob sie im Aequator liege, oder mit demselben parallel gehe, oder ihn unter einem gewissen Winkel schneide. Bewegte sich die Sonne beständig im Aequator, so müßte sie das ganze Jahr hindurch einerlei Tagekreis am Himmel beschreiben; denn dieser Tagekreis wäre der Aequator, und ihre Höhe am Mittage wäre für jeden Ort der Erde der Höhe des Aequators beständig gleich. Bewegte sich die Sonne in einem Parallelkreise des Aequators, so würde sie ebenfalls immer dieselbe Mittagshöhe über den Horizont haben, wie dies bei den Fixsternen der Fall ist. Wir sehen aber im Gegentheil, daß die Sonne

während unsres Winters tief gegen Süden durch den Meridian geht und unterhalb des Aequators steht, im Sommer aber sich unserm Zenith nähert und eine größere Höhe über den Horizont hat, als der Aequator. Wir sehen überhaupt, daß die Sonne mit jedem Tage ihre Mittagshöhe ändert und daß diese in der einen Hälfte des Jahres beständig zu-, in der andern aber beständig abnimmt. Auch bemerken wir, daß an zwei, ungefähr nur 6 Monate von einander entfernten Tagen ihre Mittagshöhe der Aequatorshöhe gleich ist, und daß sie an diesen Tagen in dem wahren Ostpunkte auf- und in dem wahren Westpunkte untergeht, daß sie sich also gerade so bewegt, wie Sterne, die genau im Aequator stehen. Geben wir nun ein ganzes Jahr hindurch genauer auf den Gang der Sonne Achtung, so ergibt sich Folgendes: Fangen wir unsere Beobachtungen mit dem 20sten oder 21sten März an, so ist dies der Tag, wo wir die Sonne im Aequator **AQ** Fig. 79. erblicken. Sie geht dann, wenn **HR** unsern Horizont bedeutet, im wahren Ostpunkte **O** auf, bleibt während ihres ganzen Tagebogens fast ganz genau im Aequator und geht ziemlich im wahren Westpunkte unter. Den Tag darauf befindet sie sich schon etwas nördlich vom Aequator, und ihr Tagekreis ist ein nördlicher Parallel des Aequators, der Auf- und Untergangspunkt liegen von **O** und **W** etwas nach Norden, also in der Figur nach **R** zu und der Culminationspunkt nördlich von **A**; der Tagekreis wird vom Horizont nicht mehr, wie der Aequator, halbirt, sondern der Tagebogen ist etwas größer als der Nachtbogen. So rückt also die Sonne mit jedem Tage bis zum 21sten Juni immer etwas weiter vom Aequator, ihre Tagekreise werden immer nördlichere Parallelen, die Auf- und Untergangspunkte rücken auf dem Horizont immer mehr nach Norden, die Culminationspunkte liegen immer nördlicher von **A**, also höher über dem Horizont, und die Tagebogen werden immer mehr größer als die Nachtbogen. Am 21sten Juni ist der Tagekreis der Sonne der Parallel **BD**, sie geht auf in **G**, culminirt in **B** und geht in **I** unter. Ihr Tagebogen ist **GBI**, ihr Nachtbogen **IDG**, der erstere viel länger als der letztere. Die Punkte **G** und **I** liegen weit nach Norden. Von jetzt an entfernt sich die Sonne nicht weiter nördlich vom Aequator, sie hat ihren höchsten nördlichen Abstand **AB** von demselben erreicht, und schon den folgenden Tag fällt ihr Tage-

kreis etwas südlich von dem Parallel **BD**, die Auf- und Untergangspunkte **G** und **I** rücken wieder nach **O** und **W**, und der Culminationspunkt nach **A** zu, die Tagebogen werden wieder kleiner, die Nachtbogen größer. So geht dies fort, bis die Sonne wieder am 23sten Sept. den Aequator erreicht und ihren Tagekreis eben so vollendet, wie am 21sten März. Von jetzt an senkte sie sich südlich unter den Aequator. Die Auf- und Untergangspunkte fallen immer weiter nach Süden, also nach **H** zu, die Culminationspunkte immer weiter südlich von **A**, die Tagebogen werden immer mehr kleiner, als die Nachtbogen. Dies dauert bis zum 21sten Dcbr., wo sich die Sonne in dem Parallel **EF** bewegt. Sie culminirt in **E**, ziemlich tief gegen Süden, geht in **K** auf und in **L** unter, und ihr Tagebogen ist **KEL**, ihr Nachtbogen **LFK**. Aber nun hat ihr Sinken unter den Aequator wieder seine Grenze erreicht. Schon den folgenden Tag fällt ihr Tagekreis etwas nördlich von **EF**, die Auf- und Untergangspunkte rücken wieder nach **O** und **W** zu, die Culminationspunkte nähern sich dem Punkte **A**, die Tagebogen wachsen und die Nachtbogen werden kleiner, und endlich gelangt sie den 21sten März wieder in den Aequator und hat ihren Jahreslauf vollendet. Alle diese Erscheinungen lassen sich nun offenbar dadurch erklären, wenn sich die Sonne in einem Kreise bewegt, der den Aequator in zwei entgegengesetzten Punkten **W** und **O** schneidet und bei seinem weitesten Abstande von demselben die Parallelkreise **BD** und **EF** berührt. Ein solcher Kreis ist in der Figur **WBOFW**. Am 21sten März steht die Sonne in **W**, rückt dann bis zum 21sten Juni nach **B** zu, kommt also z. B. den 21sten April nach **M**, den 21sten Mai nach **P**, den 21sten Juni nach **B**. Nun lenkt sich ihre Bahn wieder nach Süden. Sie kommt also den 22sten Julius nach **T**, den 22sten August nach **U**, den 23sten Sept. nach **O** und steht nun wieder im Aequator. Von nun an senkt sich die Bahn südlich unter den Aequator. Die Sonne kommt den 22sten Octbr. nach **V**, den 21sten Novemb. nach **X** und den 21sten Dcbr. nach **F**. Hier hat sie ihren weitesten südlichen Abstand vom Aequator erreicht und ihre Bahn lenkt sich wieder nach Norden zu; sie kommt den 19ten Jan. nach **Y**, den 18ten Febr. nach **Z** und endlich den 20sten oder 21sten März nach **W**, wo ihre Bahn begann. In der einen Hälfte ihrer Bahn, in

WBO, befindet sich die Sonne beständig nördlich vom Aequator, in der andern Hälfte OFW aber beständig südlich von demselben und in jeder Hälfte verweilt sie ungefähr ein halbes Jahr, doch in der nördlichen einige Tage länger, als in der südlichen. Wir bemerken jetzt nur noch, daß diese Sonnenbahn in jedem Jahre genau dieselbe ist, daß sie den Namen Ekliptik führt (von Eclipsis, Verfinsterung, weil die Alten schon bemerkten, daß jede Sonnen- und Mondfinsterniß in diesem Kreise am Himmel sich ereignete), und daß die äußersten nördlichen und südlichen Tagekreise der Sonne, BD und EF, die Wendekreise (Circuli tropici) genannt werden, weil sie, sobald sie einen derselben erreicht hat, gleichsam auf ihrem Wege sich umwendet, die Richtung nach Norden oder Süden verläßt und in der entgegengesetzten fortgeht.

§. 83.

Es entsteht nun die Frage, ob die Sonnenbahn einen größten oder einen kleineren Kreis an der scheinbaren Himmelskugel bilde. Diese Frage beantwortet sich aus der Natur der auf einer Kugel sich schneidenden Kreise. Nur größte Kreise durchschneiden sich gerade zur Hälfte, so daß ihre Durchschnittspunkte 180° von einander entfernt sind, und so weit sich der eine in der einen Hälfte über den andern erhebt, so weit senkt er sich in der andern unter denselben hinab. Kleinere Kreise werden nie einen größten Kreis der Kugel zur Hälfte schneiden, und eben so wenig in ihren entgegengesetzten Abschnitten gleichen Abstand von demselben haben. Um nun die Frage in Beziehung auf die Ekliptik zu entscheiden, beobachte man ihre Durchschnittspunkte mit dem Aequator und die Punkte ihres größten Abstandes von demselben. Um den Abstand der erstern zu beurtheilen, da ein unmittelbares Beobachten wegen der Unsichtbarkeit dieser Punkte nicht möglich ist, gebe man am ersten Frühlingsabend Acht, welcher Stern von denen, die genau im Aequator stehen, nach Untergang der Sonne zuerst im wahren Ostpunkte des Horizonts erscheint. Dieselbe Beobachtung mache man am ersten Herbstabend. Diese Sterne müssen nun einen gleichen Abstand von der Sonne haben; denn diese hat an beiden Abenden den nämlichen Stand an der Sphäre und geht in demselben Augenblicke unter, folglich werden auch die Sterne, die in gleich viel Zeit nach diesem

Untergange in Osten erscheinen, gleichen Abstand von der Sonne haben. Nun findet sich, daß solche Sterne genau 180° von einander entfernt sind, also müssen auch der Frühlings- und Herbstpunkt, d. h. die beiden Durchschnittspunkte des Aequators und der Ekliptik 180° von einander entfernt sein. Es sei z. B. Fig. 78. in K der Frühlingspunkt in der Sonnenbahn und sein Ort an der Sphäre in U; E sei ein Fixstern, der eben so gut als K im Aequator steht. Sein Abstand von der Sonne in K ist der Bogen EQU. Ist nun A unser Wohnort, die Linie PE also der Horizont, so geht der Stern E für uns auf, wann die Sonne K um den Bogen PU unter dem Horizont hinabgesunken ist. Nach einem halben Jahre steht die Sonne im Herbstpunkte R, dessen Ort an der Sphäre der Punkt S ist; sie hat also von ihrem Umlaufe den Bogen KLMNR vollendet, und es ist zu zeigen, daß dieser Bogen genau ein Halbkreis ist. Die Stellung der Erde ist jetzt gegen den Himmel so, daß unser Wohnort in g, also rechts Westen und links Osten ist. Der Horizont ist noch PE, aber der Bogen PQE liegt jetzt über, und EOP unter demselben. In dem Augenblicke nun, wo die Sonne in R um den Bogen ES unter den Horizont hinabgesunken ist, sehen wir in Osten den Stern P aufgehen, dessen Abstand von der Sonne der Bogen POS ist. Ist nun dieser Bogen eben so groß, als EQU, d. h. als der Abstand des Sterns E von der Sonne in K und beträgt der Abstand der Sterne P und E gerade 180°, so muß der Abstand der Punkte K und R auch 180° betragen. Denn POE ist = 180°, also = EQP, folglich ist POE — POS = EQP — EQU, d. h. der Bogen SE = PU und daher SE + EQU = UP + POS, d. h. der Bogen UPOS = dem Bogen SEQU, also jeder ein Halbkreis und 180° groß, daher die Linie US, in welcher K und R liegen, ein Durchmesser des Kreises, also auch K und R von einander 180° entfernt. Da nun Aequator und Ekliptik einander halbiren, so ist letztere so gut, als ersterer ein größter Kreis.

Daß nun auch die größten Abstände der Ekliptik vom Aequator auf beiden Seiten gleich groß sind, erhellet so: Beobachtet man die Punkte des Horizonts, wo die Sonne am längsten und kürzesten Tage aufgeht, so findet man in beiden Fällen ganz gleiche, nur entgegengesetzte Morgenweiten, z. B. Fig. 61. LI = LO. Daraus folgt denn, daß

die Punkte der Ekliptik, wo die Sonne an den genannten Tagen steht, einen gleich großen Abstand vom Aequator oder gleiche Declination **OZ = IY** haben müssen, und da dies nun die Punkte sind, wo die Ekliptik am weitesten vom Aequator absteht, so folgt, daß dieselbe auf der einen Seite sich eben so tief gegen Süden unter dem Aequator hinabsenke, als sie sich auf der andern Seite gegen Norden über denselben erhebt, daß sie also ein größter Kreis sei. Damit soll indessen nicht behauptet werden, daß die Sonnenbahn selbst, insofern sie frei durch den Weltraum geht, auch die Kreisgestalt habe; sondern es ist nur von ihrer Projection an der Sphäre, d. h. wie sie uns von der Erde aus an der hohlen Himmelskugel erscheint, die Rede. Ihre wirkliche Gestalt kann vom Kreise sehr abweichen, und doch wird sie von der Erde aus als Kreis erscheinen müssen, weil diese in ihrer Mitte sich befindet und also jeder Punkt derselben an der Sphäre als Punkt eines Kreises gesehen werden muß, der längs derselben um sie (die Erde) herumgezogen ist. Von der wahren Gestalt der Sonnenbahn können wir erst in der Folge sprechen.

§. 84.

Die Punkte, wo die Ekliptik den Aequator im Anfange des Frühlings und Herbstes schneidet, heißen die Aequinoctialpunkte (Nachtgleichen), weil alsdann auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich sind. Denn der Aequator ist dann der Tagekreis der Sonne und wird als größter Kreis vom Horizont, der ebenfalls ein größter Kreis ist, diametralisch durchschnitten. Derjenige Aequinoctialpunkt, wo die Sonne den 21sten März steht, heißt der Frühlingspunkt, der andere, wo sie sich den 23sten Sept. befindet, der Herbstpunkt. Der Frühlingspunkt ist auch der erste Punkt des Aequators, von dem alle Rectascensionen der Sterne und also auch der Sonne nach Osten zu gezählt werden, also nach eben der Richtung der Sonnenbahn, so daß also die Rectascensionen der Sonne mit jedem Tage zunehmen. Im Frühlingspunkte ist ihre Rectascension und Declination = 0, im Herbstpunkte die Declination auch = 0, die Rectascension aber 180°. In Fig. 79. ist **W** der Frühlings- und **O** der Herbstpunkt. Die Bewegung der Sonne geht nach der Richtung **WMP**. Geht nun die Sonne

den 21sten März auf, so steht der Frühlingspunkt am Horizont in **O**, d. h. im wahren Ostpunkte. Die tägliche scheinbare Bewegung der Sonne geschieht daher im Aequator **OAWQO**, und da sie in **W** untergeht, und **OAW** = **WQO** ist, so bleibt sie eben so lange über als unter dem Horizont, d. h. Tag und Nacht ist einander gleich. Von **W** aus zählt man die Grade der Rectascension nach der Richtung **WAO**, also nach eben der, in welcher die Sonne in ihrer Bahn **WBO** fortgeht; je weiter also die Sonne sich fortbewegt, desto größer ist ihre Rectascension, bis sie, wieder in **W** angelagt, alle 360° durchlaufen hat.

§. 85.

Um die Lage der Ekliptik gegen den Aequator genau zu bestimmen, muß man den Winkel kennen, unter dem beide Kreise sich schneiden. Dieser Winkel heißt die Schiefe der Ekliptik; er ist Fig. 85. der Winkel **AOB** und wird an der Sphäre durch den Bogen **AB** desjenigen Declinationskreises **NBES** gemessen, der durch die höchsten Abweichungspunkte der Ekliptik geht. Der Durchschnitt der Ebenen des Aequators und der Ekliptik, als zweier größten Kreise, geht nämlich durch den Mittelpunkt der Kugel; es ist also der Winkel, den die Ebenen mit einander machen, eben der, unter dem ihre Durchmesser **AQ** und **BF** im Mittelpunkte der Kugel sich schneiden, d. h. der Winkel **ACB**, und dieser Winkel wird an der Sphäre durch den Bogen **AB** gemessen, welcher also auch das Maß des Winkels **AOB** ist, den die sich schneidenden Peripherien bilden. Auch so läßt sich der Beweis führen. Von **W** aus wächst die Declination der Sonne mit jedem Tage, und da sie nachher bis **O** wieder bis auf Null abnimmt, so muß die Grenze des Wachsens nothwendig in die Mitte der Bogen **WAO** und **WBO**, d. h. in die Punkte **A** und **B** fallen, die sowohl auf dem Aequator, als der Ekliptik 90° von **W** und **O** abstehen. In **B** und **F** hat also die Ekliptik den größten nördlichen und südlichen Abstand vom Aequator, und ein Declinationskreis durch **B** und **F** gelegt, der nicht nur auf den Aequator, sondern auch auf die Ekliptik senkrecht ist, wird den Punkt **A** auf dem Aequator angeben, der gerade senkrecht unter dem höchsten Abweichungspunkt **B** der Ekliptik liegt; daher ist der Bogen **AB** oder **FQ** dieses Kreises die größte Declination

der Sonne und somit das Maß des Winkels **AOB** oder **ACB**. Man findet daher die Schiefe der Ekliptik, wenn man den Bogen **AB** oder die größte nördliche Declination der Sonne, oder auch **FQ**, d. h. die größte südliche Declination, mißt, weil **AB** = **FQ** ist. So wie man Pole des Aequators und seiner Parallelkreise an der Sphäre annimmt, so gibt es auch Pole der Ekliptik, nämlich die Punkte **a** und **b**, die allenthalben 90° von derselben abstehen, so daß die Bogen **aB**, **bB**, **bF**, **aF** Quadranten und einander gleich sind. Der Winkel, den die Axe **ab** der Ekliptik mit der Weltaxe **NS** macht, muß der Schiefe der Ekliptik gleich sein; denn der Winkel **NCQ** = 90° = **aCF**, also **NCQ** — **aCQ** = **aCF** — **aCQ**, d. h. der Winkel **NCa** = **QCF** oder der Schiefe der Ekliptik gleich, daher der Bogen **aN**, der den Winkel **NCa** mißt, eben so groß als **FQ** ist, der **QCF** mißt; der Abstand des Pols der Ekliptik vom Weltpole ist also eben so groß, als der größte Abstand der Ekliptik vom Aequator. Durch die scheinbare Umdrehung der Himmelskugel in 24 Stunden werden die Pole der Ekliptik um die Weltpole mit herumgeführt; dadurch entsteht ein Kreis um **N** und **S**, der den Weg des Pols der Ekliptik bezeichnet und Polarkreis genannt wird. Es gibt also einen nördlichen Polarkreis **ad** und einen südlichen **be**.

§. 86.

In den Punkten **BF** ändert sich die Abweichung der Sonne nur unmerklich, so daß ein kleiner Bogen der Ekliptik beinahe als parallel mit dem Aequator angesehen werden kann. Es wird daher die Sonne einige Zeit vor und nach ihrem Stande in **B** und **F** ziemlich einerlei Abweichung zeigen, und so ein paar Tage lang fast den nämlichen Tagekreis beschreiben und einerlei Tageslänge bewirken. Es scheint uns daher die Sonne in **B** und **F** einige Zeit in ihrem Laufe still zu stehen, und deswegen nennt man **B** und **F** die Solstitial-, d. h. die Sonnenstillstandspunkte. Die beiden Declinationskreise, welche durch die 4 Hauptpunkte der Ekliptik und des Aequators, nämlich durch die Aequinoctialpunkte **W** und **O** und durch die Solstitialpunkte **B** und **F**, und die senkrecht unter ihnen liegenden Punkte des Aequators **A** und **Q** gehen, heißen die Koluren und zwar der, welcher durch **A** und **B**, **F** und **Q** und zugleich durch die Pole der Ekliptik **a** und **b** geht, der Solstitial-

Kolur, der andere aber durch W und O, der jenen senkrecht im Weltpole schneidet, den Aequinoctialkolur. Die Punkte, wo die Ekliptik über den Horizont tritt, oder unter denselben sich hinabsenkt, heißen die Punkte des Auf- u. Untergangs; der Winkel aber, den alsdann die Ekliptik in Osten mit dem Horizont macht, der Winkel des Aufgangs. Jene Punkte und dieser Winkel sind immer veränderlich, weil die 24stündige Rotation des Himmels nicht um die Axe der Ekliptik geschieht, diese also in immer andern Lagen gegen den Horizont kommt. Der vom Durchschnittspunkt der Ekliptik und des Horizonts 90° abstehende Punkt derselben heißt der Neunzigste (Nonagesimus).

§. 87.

So wie sich die Lage der Sterne gegen den Aequator durch Declination und Rectascension bestimmen läßt, so kann man sie auch gegen die Ekliptik durch Breite und Länge bestimmen. Wenn nämlich (Fig. 80.) **AQ** der Aequator, **BD** die Ekliptik und **W** und **O** die Frühlings- und Herbstpunkte sind, die Sonne also in der Richtung **WBO** ihre Bahn durchläuft, und in **G** sich ein Stern befindet, so ist **NGHS** der Declinationskreis dieses Sterns, und der Bogen **HG** seine nördliche Declination, **WH** aber die Rectascension desselben. Zieht man nun durch den Stern und die Pole der Ekliptik einen Kreis **aGFb**, so bestimmt dieser den Punkt **F** der Ekliptik, über welchem der Stern senkrecht steht. Dann nennt man in diesem Kreise den Bogen **GF**, welcher den Abstand des Sterns von der Ekliptik anzeigt, die Breite desselben, und den Bogen **WF** der Ekliptik selbst, um welchen der Punkt **F** vom Frühlingspunkte **W** entfernt ist, seine Länge. Der Kreis, in welchem die Breite bestimmt wird, heißt ein Breitenkreis. Die Breite eines Sterns ist auch entweder nördlich oder südlich, je nachdem er von der Ekliptik gegen Norden oder Süden seinen Stand hat. Ein Stern in **P** würde die südliche Breite **PI**, die Länge **WI**, die Rectascension **WR** und die südliche Declination **PR** haben. Es kann aber auch ein Stern südliche Declination und nördliche Breite, und umgekehrt nördliche Declination und südliche Breite haben, wenn er sich in dem Raume zwischen Ekliptik und Aequator befindet. Die Länge wird, wie die Rectascension, von **W** aus gegen Osten um den ganzen Kreis der Ekliptik herumgezählt. Ist z. B. ein Stern in

K auf der hintern Seite der Himmelskugel, d. h. auf der, wo der Herbstpunkt O sich befindet, so ist seine nördliche Breite der Bogen LK, seine Länge der Bogen WBOL, seine nördliche Declination = KM und seine Rectascension = WAOM. Der Winkel, unter dem sich der Declinations- und Breitenkreis eines Sterns schneiden, heißt der Positionswinkel. Für den Stern K ist er = aKN, für G = aGN, für P = SPb. Die Sonne hat niemals eine Breite, weil sie sich beständig in der Ekliptik befindet; aber ihre Länge, so wie die Rectascension, nimmt immerfort bis 360° zu, so wie sie von W aus weiter fortrückt; ihre Declination ist bald nördlich, bald Null, bald südlich. Steht die Sonne in F, so ist aFN auch ihr Positionswinkel.

§. 88.

Durch unmittelbare Beobachtung findet man die Höhe der Sterne über dem Horizont; aus der größten Höhe im Meridian und der Aequatorshöhe ergibt sich die Declination; aber ihre Lage gegen die Ekliptik, d. h. ihre Länge und Breite läßt sich nur durch trigonometrische Rechnung bestimmen. Wenn in G ein Stern steht, so ist seine Declination = GH, seine Rectascension = WH; ist nun beides bekannt, so läßt sich aus dem Dreiecke aGN das Verlangte finden. Durch die Declination HG kennt man den Bogen NG; denn NG = NH — HG = 90° — HG. Der Winkel aNG oder QNH wird auf dem Aequator durch den Bogen QH gemessen und dieser ist = QW + WH = 90° + WH, d. h. man findet in unserem Falle diesen Winkel, wenn man die Rectascension des Sterns zu 90° addirt. Endlich ist auch der Bogen aN bekannt, denn er ist der Schiefe der Ekliptik gleich (§. 85.) Man kennt daher in dem Dreiecke aNG drei Stücke, die Bogen NG und aN und den zwischenliegenden Winkel aNG; daraus läßt sich nun das übrige Unbekannte bestimmen, nämlich der Bogen aG und der Winkel NaG oder BaF. Um nun diese Stücke in dem Dreiecke aNG zu finden, ziehe man von G einen senkrechten Bogen Gy auf die Verlängerung von aN; dadurch entstehen die rechtwinkligen Dreiecke GNy und aGy. In dem erstern findet man nach den Regeln der sphärischen Trigonometrie den Bogen Ny durch die Proportion:

Sin. tot. : Cos. GNy = Tang. GN : Tang. Ny.

Es ist nämlich der Winkel GNy bekannt, weil man, um ihn zu finden, nur GNa von 180° abzuziehen braucht. Ist nun Ny gefunden, so addire man dasselbe zu dem Bogen aN, so ergibt sich der Bogen ay und nun hat man die Proportion:

Sin. ay : Sin. Ny = Tan. GNy : Tan. GaN und
Cos. Ny : Cos. ay = Cos. NG : Cos. aG.

Aus dem Bogen aG ergibt sich GF oder die Breite des Sterns, wenn man, da aF = 90° ist, den Bogen aG von 90° abzieht, denn der Rest ist GF. Aus dem Winkel GaN oder FaB findet man den Bogen FB, denn dieser ist das Maß des genannten Winkels. Zieht man nun FB von WB oder von 90° ab, so bleibt WF oder die Länge des Sterns übrig.

Der helle Stern im Stier, Aldebaran, hat 66° 32′ 53″ gerade Aufsteigung und 16° 9′ 28″ nördliche Declination: wie groß ist seine Länge und Breite? Man berechnet also zuerst die Proportion:

Sin. tot. : Cos. GNy = Tang. GN : Tang. Ny.

Hier ist GNy = 90° — Rectasc. = 90° — 66° 32′ 53″ = 23° 27′ 7″; GN = 90° — 16° 9′ 28″ = 73° 50′ 32″.

Stellt man nun die Rechnung mit den für die trigonometrischen Hülfslinien berechneten logarithmischen Tafeln an (§. 15. Nr. 5.), so erhält man:

Log. Cos. GNy = 9,9636433
Log. Tang. GN = 10,5380097

20,5016530
Log. Sin. tot. = 10,0000000

10,5016530 = **Log. Tang. Ny.**

Die Tafeln geben nun Ny = 72° 30′ 51″,1.

Dazu nun aN = 23° 27′ 31″,7 addirt, kommt ay = 95° 58′ 22″,8, woraus man sieht, daß der Stern eine südliche Breite haben wird, weil ay größer als ein Quadrant kommt, also y unterhalb B fällt.

Nun folgt die Berechnung der Proportion:

Sin. ay : Sin. Ny = Tang. GNy : Tang. GaN.

Log. Sin. Ny = 9,9794533
Log. Tang. GNy = 9,6373050

19,6167583
Log. Sin. ay = 9,9976358

9,6191225 = **Log. Tang. GaN.**

Die Tafeln geben nun den Winkel **GaN** = 22° 35′ 19″. Diesen von 90° abgezogen, kommt die Länge des Aldebaran = 67° 24′ 41″.

Endlich erhält man die südliche Breite des Sterns durch Berechnung der Proportion:

Cos. Ny : Cos. ay = Cos. NG : Cos. aG.

Log. Cos. ay = 9,0172850
Log. Cos. NG = 9,4444873

18,4617723
Log. Cos. Ny = 9,4778004

8,9839719 = **Log. Cos. aG.**

Hierzu gehört der Winkel von 84° 29′ 10″ und dieser von 90° abgezogen, kommt die südliche Breite des Sterns = 5° 30′ 50″. Man muß nämlich, da der Punkt **G** südlich von der Ekliptik liegt, statt des Bogens 84° 29′ 10″ seinen Nebenwinkel = 95° 30′ 50″ nehmen, wenn man vom Nordpol der Ekliptik **a** ausgehen will, denn die gefundnen 84° 29′ 10″ sind vom Südpol **b** aus zu rechnen.

§. 89.

Bei der Sonne kann man aus Rectascension und Declination sehr leicht die Länge berechnen. Steht die Sonne in **F**, so ist **FR** ihre Declination, **WR** die Rectascension. Im Dreiecke **WRF** ist daher beides, so wie auch der rechte Winkel bei **R** bekannt; man findet daher die gesuchte Länge **WF** durch die Proportion **Sin. tot. : Cos. WR = Cos. RF : Cos. WF.** Ebenso findet man daraus die Schiefe der Ekliptik oder den Winkel **RWF** durch die Proportion:

Sin. WR : Tang. RF = Sin. tot. Tang. RWF.

Ist die Declination nebst der Schiefe der Ekliptik bekannt, also im Dreieck **WFR** der Winkel **FWR** und **FR**, so ergibt sich, da man auch den rechten Winkel **FRW** kennt, die Länge der Sonne **WF** durch die Proportion:

Sin. FWR : Sin. tot. = Sin. FR : Sin. WF

und die Rectascension **WR** durch die Proportion:

Sin. tot. : Cotang. FWR = Tang. FR : Sin. WR.

Umgekehrt findet man aus der Länge der Sonne und der Schiefe der Ekliptik die Declination, Rectascension und den Positionswinkel der Sonne **aFN.** Wir betrachten das rechtwinklige Dreieck **FBN.** Aus der gegebenen Länge = **WF**

ist der Bogen **FB** = 90° — **WF**, der rechte Winkel bei **B** und der Bogen **BN** bekannt; denn da die Schiefe der Ekliptik gegeben ist, so wissen wir den Bogen **aN**, aber **BN** = **aB** — **aN** = 90° — **aN**. Es läßt sich also die Seite **FN**, der Winkel **NFB** und der Winkel **FNB** finden, nämlich **FN** durch die Proportion: **Sin. tot. : Cos. NB = Cos. FB : Cos. FN**; ferner der Winkel **FNB** durch die Proport.: **Sin. NB : Tang. FB = Sin. tot. : Tang. FNB**; endlich **NFB** durch die Proportion:

Sin. FB : Tang. NB = Sin. tot. : Tang. NFB.

Hat man nun **NF** gefunden, so ergibt sich die Declination der Sonne **RF** = 90° — **NF**. Aus dem Winkel **FNB** erhält man seinen Nebenwinkel **aNF** = 180° — **FNB**, und da der Winkel **aNF** durch den Bogen **QR** gemessen wird, so kennt man diesen Bogen, folglich die Rectascension der Sonne **WR** = **QR** — 90°. Endlich aus dem Winkel **NFB** ergibt sich der Positionswinkel **aFN** = **aFB** — **NFB** = 90° — **NFB**.

Am 1. Juni 1830 Mittags ist die Länge der Sonne = 70° 23′ 38″,2 = **WF**, die Schiefe der Ekliptik = 23° 27′ 31″,7 = dem Bogen **aN**. Stellt man nun wieder die Rechnung mit den logarithmischen Tafeln an, so erhält man:

1) **Sin. tot. : Cos. NB = Cos. FB : Cos. FN.**

Hier ist **NB** = 90° — 23° 27′ 31″,7 = 66° 32′ 28″,3 und **FB** = 90° — 70° 23′ 38″,2 = 19° 36′ 21″,8, also:

Log. Cos. NB = 9,5999808
Log. Cos. FB = 9,9740611
19,5740419
Log. Sin. tot. = 10,0000000
Log. Cos. FN = 9,5740419 = **Log. Cos.** 67° 58′ 30″,5

daher die Declination **RF** = 90° — 67° 58′ 30″,5 = 22° 1′ 29″,5.

2) **Sin. NB : Tang. FB = Sin. tot. : Tang. FNB.**

Log. Tang. FB = 9,5516976
Log. Sin. tot. = 10,0000000
19,5516976
Log. Sin. NB = 9,9625334
9,5891642 = **Log. Tang. FNB.**

Dazu findet man in den Tafeln den Winkel 21° 13′ 15″,8; diesen von 180° abgezogen, kommt FNa = 158° 46′ 44″ und davon wieder 90° abgerechnet, kommt die Rectascension der Sonne = 68° 46′ 44″.

3) **Sin. FB : Tang. NB = Sin. tot. : Tang. NFB.**

Log. Tang. NB = 10,3625525
Log. Sin. tot. = 10,0000000
20,3625525
Log. Sin. FB = 9,5257586
10,8367939 = **Log. Tang. NFB.**

Dazu gehört der Winkel 81° 42′ 54″ und diesen von 90° abgezogen, gibt den Positionswinkel der Sonne = 80° 17′ 6″.

§. 90.

Die Schiefe der Ekliptik wird durch den Bogen gemessen, den die größte Declination der Sonne angibt. Um sie also zu finden, muß man diesen Abstand beobachten. Zu dem Ende muß man um die Zeit des längsten oder kürzesten Tages die Sonne im Meridian beobachten, die Höhe ihres Mittelpunkts nach §. 49. messen, und so ihre Declination finden. Soll diese nun die größte selbst sein, so muß sich die Sonne im Solstitialpunkt und im Meridian zugleich befinden; aber darauf kann man nicht in jedem Jahre rechnen, weil das Jahr noch einen Ueberschuß über 365 Tagen hat. Man muß daher mehrere Jahre die Beobachtung wiederholen, bis man endlich eine gefunden hat, wo der Solstitialpunkt so nahe an den Meridian fällt, daß der Fehler für nichts zu achten ist. Dies ist um so leichter möglich, da zur Zeit der Sommer- oder Winterwende die Sonne ihre Declination nur wenig ändert, nämlich in 24 Stunden nur um 16 Secunden, während die Aenderung in den Aequinoctien 24 Minuten beträgt. Oder auch, da zu der Zeit, wo die Sonne im Solstitialpunkte steht, an irgend einem Orte Mittag sein muß, so braucht man nur die Beobachtung der größten Declination der Sonne an mehrern Orten anzustellen und diese dann mit einander zu vergleichen und das größte Resultat für die Schiefe der Ekliptik zu nehmen. Zu diesen Beobachtungen ist die Kenntniß der Polhöhe des Orts nothwendig. Sollte diese nicht bekannt sein, so kann man

auch beide Sonnenwenden beobachten, die Höhe der südlichen **EH** (Fig. 79.) von der Höhe der nördlichen **BH** abziehen und den Unterschied **EB** halbiren, so erhält man die größte Declination **AB** oder **AE**.

§. 91.

Wir haben §. 50. gezeigt, wie aus der bekannten Rectascension irgend eines Sterns die eines jeden andern bestimmt werden könne. Es ist aber noch die Frage zu beantworten, wie man die Rectascension des einen Sterns, der für alle übrigen als Regulativ dienen soll, finden, oder, mit andern Worten, die Entfernung des Frühlingspunktes von dem Sterne, somit dessen Lage im Aequator ausmitteln könne. Durch folgende Methode wird sowohl die Rectascension des Sterns, als auch die der Sonne zugleich bestimmt. Es stelle Fig. 81. die nördliche Halbkugel des Himmels vor, **AB** sei der perspektivisch gezeichnete Kreis des Aequators, der punktirte Theil seine hintere Hälfte, **ADB** die Hälfte der Ekliptik auf der vordern Seite der Halbkugel, **OC** der Solstitialkolur durch den Sommerpunkt **C**, **B** der Punkt, wo die Ekliptik den Aequator im Frühlinge schneidet, also der Frühlings- und **A** der Herbstpunkt. Es stehe nun einige Wochen nach dem Anfange des Frühlings die Sonne in dem Punkte **E** der Ekliptik. Man beobachte ihre Culmination (§. 50. am Ende) und berechne ihre Declination **EF**; dann ist der Aequatorsbogen von **B** bis **F**, wo der Declinationskreis der Sonne **OF** den Aequator schneidet, die unbekannte Rectascension derselben. Nun beobachte man Abends einen Stern **S**, dessen Declination von der der Sonne nicht sehr abweicht, bis er vermöge der scheinbaren Rotation des Himmels in den Meridian **OF** kommt und ebenfalls culminirt, und messe seine Declination **SH**. Zugleich weiß man auch aus dem Unterschiede der Zeit zwischen den Culminationen der Sonne und des Sterns die Größe des Bogens **HACF**, als den Unterschied der beiderseitigen Rectascensionen, weil die noch unbekannte gerade Aufsteigung des Sterns der Bogen **HACB**, folglich **HACF = HACB — FB** ist. Nun gebe man Acht, wann die Sonne einige Wochen vor dem Herbstäquinoctium in der Ekliptik in einen Punkt **I** kommt, wo ihre Declination **IK** eben so groß ist als in dem Punkte **E**, also **IK = EF**, und beobachte auf's Neue die Culmination

des Sterns S, um den Unterschied der Culminationszeit der Sonne und des Sterns zu bemerken. Dieser Unterschied gibt wieder den Unterschied der Rectascensionen der Sonne und des Sterns. Die der Sonne ist jetzt **KCB**, die des Sterns, wie vorher **HACB**, ihr Unterschied **HACB — KCB**, also = dem Bogen **HAK**. Zieht man nun diesen Unterschied **HAK** von dem im Frühlinge beobachteten Unterschiede **HACF** ab, so erhält man den Bogen **KCF**. Hatte nun die Sonne in **I** eben die Declination wie in **E**, so steht sie in beiden Punkten vom Solstitialkolur **CL** gleich weit entfernt, also **KC = CF**; denn da **IK = EF**, die Winkel **EFB** und **IKA** als rechte einander gleich sind, desgleichen Winkel **EBF = IAK**, weil jeder die Schiefe der Ekliptik ausdrückt, so ist $\triangle$ **EFB** $\cong \triangle$ **IAK**, also **AK = BF** und daher, da **AC = BC** = 90° ist, **AC — AK = BC — BF** oder **KC = CF**. Halbirt man daher den Bogen **KCF**, so kennt man den Bogen **CF** und da **CB** ein Quadrant und **CB — CF = FB** ist, so ziehe man $\frac{1}{2}$ **KF** von 90° ab, so ergibt sich **BF**, d. h. die Rectascension der Sonne zur Zeit der ersten Beobachtung in **E**, und addirt man **FB** zu dem zuerst gefundenen Rectascensionsunterschiede des Sterns und der Sonne oder zum Bogen **HACF**, so erhält man den Bogen **HACB** oder die Rectascension des Sterns. Die Summe von **KF** und **FB** aber, oder auch die Summe von 90° + $\frac{1}{2}$ **KF** gibt die Rectascension der Sonne für ihren Standpunkt in **I**.

§. 92.

Die Hauptschwierigkeit hierbei ist die, daß es sich selten trifft, daß die Declinationen der Sonne, wenn sie in **E** und **I** culminirt, einander genau gleich sind. In diesem Falle muß man sich durch Reductionen helfen. Gesetzt, man habe nach dem Frühlingsäquinoctium die Sonne in **E** beobachtet und ihre Declination = **EF** gefunden. Gegen das Herbstäquinoctium habe man wieder täglich die Sonne beobachtet, und mit dem Stern **S** verglichen, aber keine Stelle gefunden, wo ihre Declination im Mittage genau so groß wie in **E** gewesen wäre. Am nächsten komme noch die Beobachtung in **G**, wo ihre Declination **GL > EF** und der Unterschied beider = **rG** ist. Da man nun aber zwei Tage nach einander die Sonne mit dem Stern **S** verglichen

hat, nämlich das eine Mal bei der Beobachtung in G und das andere Mal bei der in M, so kennt man die Aenderung der täglichen Abweichung **GL — MN** und auch den Unterschied der Rectascensionen **HAL — HAN**, also den Bogen **NL**. Nun sind aber die täglichen Aenderungen der Rectascension ziemlich genau mit den täglichen Aenderungen der Declination proportionirt und man wird nun durch den Aufsatz **GL — MN : GL — EF = HAL — HAN : HAL — HAK** den letzten Unterschied bestimmen können; subtrahirt man nun diesen Unterschied **KL** von dem Rectascensionsunterschiede **HAL**, so erhält man den Unterschied **HAK**, und folglich nun **KF** und **KC**.

Ein Beispiel mag dieses noch erläutern. Am 10. April habe man die Declination der Sonne zur Zeit der Culmination = 7° 51′ 7″ gefunden. In der folgenden Nacht habe man früh um 2 U. 21 M. 48 S. die Culmination eines Sterns in der Schlange beobachtet, dessen Declination 6° 58′ 2″ betrug. Der Zeitunterschied zwischen beiden Culminationen beträgt 14 St. 21 M. 48 S., welchem ein Bogen von 215° 27′ correspondirt. Während also die Sonne in **E** war, war der Stern in **S** und der Bogen **HAF** ist = 215° 27′. Nun beobachtete man die Sonne wieder den 2. und 3. September, und eben so auch den Stern **S**. Am 2. September war die Declination der Sonne 8° 2′ 30″, also um 11′ 23″ größer als am 10. April; dagegen war sie am 3. Sept. = 7° 40′ 34″, also kleiner als am 10. April; die tägliche Aenderung in der Declination betrug aber 21′ 56″. Der Stern **S** culminirte den 2. Sept. Nachmittags um 4 U. 51 M. 55 S., also 4 St. 51 M. 55 S. später als die Sonne, wozu der Bogen **HAL** = 72° 58′ 45″ gehört; am 3. Sept. geschah die Culmination um 4 U. 48 M. 18 S., also **HAN** = 72° 4′ 30″. Die tägliche Aenderung der Rectascension betrug folglich 3 M. 37 S. in der Zeit, oder 54′ 15″ im Bogen. Ferner war **HAF — HAL** = 215° 27′ — 72° 58′ 45″ = 142° 28′ 15″ = **LF**. Um nun hieraus den Punkt **G** zu finden, wo die Declination der Sonne **GK** genau so groß war als in **E**, setze man auf: Die tägliche Aenderung der Declination = 21′ 56″ verhält sich zum Unterschiede der Declination am 10. April und 2. Sept. = 11′ 23″ wie die tägliche Aenderung der Rectascension = 54′ 15″ zur Aenderung der Rectascension für den

2. Sept. Die Rechnung gibt diese Aenderung = 28′ 10″ = KL. Addirt man nun dieses zu LF = 142° 28′ 15″, so erhält man KF = 142° 56′ 25″. Die Hälfte davon 71° 28′ 12″,5 ist = CF, also FB oder die Rectascension der Sonne am 10. April = CB — CF = 90° — 71° 28′ 12″,5 = 18° 31′ 47″,5 und die Rectascension des Sterns HAFB = HAF + FB = 215° 27′ + 18° 31′ 47″,5 ist = 233° 58′ 47″,5, endlich die Rectascension der Sonne in K = BC + CK = 90° + 71° 28′ 12″,5 = 161° 28′ 12″,5. Von einer noch andern, aber nur einige Secunden betragenden Berichtigung der Rectascension des Sterns wird erst späterhin die Rede sein können.

Um die Zeit zu finden, wo die Sonne in den Frühlings- oder Herbstpunkt tritt, also ihre Rectascension = 360° oder 180° wird, beobachte man zur Zeit der Aequinoctien einige Tage nach einander die Sonne, so daß von 2 auf einander folgenden die eine vor, die andere nach der Nachtgleiche fällt. Durch die Vergleichung der Sonne mit einem Sterne von schon bekannter Rectascension erhält man die Rectascension der Sonne an beiden Tagen. Nun sind die täglichen Aenderungen der Rectascensionen der Zeit ziemlich proportional, also noch mehr die in kleinern Zeittheilen: man kann also durch eine Regel de Tri das Verlangte finden. So war z. B. am 20. März 1830 Mittags zur Zeit der Culmination der Sonne ihre Rectascension = 329° 25′ und am 21. März Mittags = 19′ 35″. Am 20. hatte sie also noch 35′ zu durchlaufen, um genau 360° zu erreichen, am 21. Mittags war sie schon 19′ 35″ über den Frühlingspunkt hinaus. Dies gibt also die tägliche Aenderung der Rectascension = 54′ 35″. Man setze also auf: zur Aenderung von 54′ 35″. Die Rechnung gibt 15 St. 23 M. 21 S. Diese addire man zum Mittage des 20. März, so erhält man den Augenblick, wo die Sonne in den Frühlingspunkt tritt, den 21. März früh um 3 U. 23 M. 21 S. Ganz auf dieselbe Art wird auch das Herbstäquinoctium, so wie das Sommer- und Wintersolstitium der Zeit nach berechnet.

§. 93. (a)

Auch folgende Aufgaben werden für die, welche mit der Mathematik nicht ganz unbekannt sind, Interesse haben.

Erste Aufgabe.

Aus der Rectascension und Declination der Sonne den Winkel zu finden, den die Ekliptik mit dem Meridian macht.

Es sei Fig. 80. der Bogen **NAS** der Meridian eines Orts, **DB** die Ekliptik, **W** ihr Durchschnittspunkt mit dem Aequator, also der Winkel, **AWB** die Schiefe der Ekliptik. Die Sonne culminire in **B**, so ist ihre Declination = **BA** und ihre Rectascension = **WA**. Man betrachtet also das bei **A** rechtwinklichte Dreieck, in welchem der Winkel **WBA** oder auch sein Nebenwinkel **WBN** der gesuchte ist. Aus den bekannten Stücken **WA**, **AB** und dem rechten Winkel **WAB** ergibt sich die Proportion:

Sin. tot. : Sin. AB = Cotang. WA : Cotang. WBA.

Den 1. Mai 1830 ist die Rectascension der Sonne = 38° 6′ 52″,6 = **WA**, ihre Declination = 14° 59′ 41″,8 = **AB**, daraus ergibt sich die Rechnung:

Log. Sin. AB	=	9,4128535
Log. Cotang. WA	=	10,1054005
		19,5182540
Log. Sin. tot.	=	10,0000000
Log. Cotang. WBA	=	9,5182540

Dazu gehört der Winkel 71° 44′ 50″. So groß ist also der Winkel **WBA**, den der Meridian mit der Ekliptik macht, sein Nebenwinkel **WBN** also = 108° 15′ 10″.

Ist die Schiefe der Ekliptik bekannt, so kann entweder die Declination **AB** oder die Rectascension **WA** fehlen. Kennt man also die Schiefe **AWB**, die Rectascension **WA** und den rechten Winkel **WAB**, so setzt man auf:

Sin. tot. : Cos. WA = Sin. AWB : Cos. WBA.

Ist dagegen die Schiefe **AWB**, die Declination **AB** und der rechte Winkel bekannt, so rechnet man nach der Proportion:

Cos. AB : Cos. AWB = Sin. tot. : Sin. WBA.

Zweite Aufgabe.

Aus der Polhöhe eines Orts und der Declination der Sonne die Ascensionaldifferenz (§. 35. am Ende) zu finden.

Es sei Fig. 61. **NH** die Polhöhe eines Orts, die Sonne stehe am Horizont in **O** und durch **O** gehe der Declinationskreis **NOZS**. Ist nun der Durchschnitt der Ekliptik und des Aequators in **A**, so ist **AZ** die Rectascension der Sonne, **ZO** ihre Declination und wird der Aequator vom

Horizont in L geschnitten, so ist LZ die Ascensionaldifferenz und = AZ — AL. Man findet nun LZ durch die Prop.:

Sin. tot. : Cotang. ZLO = Tang. OZ : Sin. LZ.

In dieser Proportion ist nämlich nicht nur die Declination der Sonne OZ, sondern auch der Winkel ZLO bekannt, denn er ist gleich dem Winkel GLA, d. h. gleich der Aequatorshöhe, welche man aus der Polhöhe kennt. Hat man nun LZ gefunden, so läßt sich daraus die schiefe Ascension der Sonne AL bestimmen. Steht nämlich die Sonne nördlich vom Aequator in O, so ist AL = AZ — LZ, d. h. gleich der Rectascension der Sonne weniger der Ascensionaldifferenz. Ist aber die Sonne südlich vom Aequator, so daß sie in I aufgeht, so ist Ay ihre Rectascension und Ly die Ascensionaldifferenz; dann wird diese zu Ay addirt, um die schiefe Ascension AL zu finden.

Es ist die Polhöhe von Dessau = 51° 48′ 50″. Am 21. Mai 1830 ist die Declination der Sonne ZO = 20° 7′ 53″, wie groß ist die Ascensionaldifferenz? Aus der Polhöhe ergibt sich der Winkel ZLO = 38° 11′ 10″. Also ist die Rechnung:

Log. Cotang. ZLO	=	10,1042848
Log. Tang. OZ	=	9,5641563
		19,6684411
Log. Sin. tot.	=	10,0000000
Log. Sin. LZ	=	9,6684411

Dazu gehört der Bogen von 27° 46′ 43″, welcher also der Ascensionaldifferenz gleich ist. Kennt man nun noch die Rectascension der Sonne AZ, welche an diesem Tage = 58° 38′ 30″ ist, so ist die schiefe Ascension = AZ — ZL = 30° 51′ 47″.

Statt der Sonne kann man auch jeden beliebigen Stern setzen, dessen Declination bekannt ist.

Dritte Aufgabe.

Aus der Rectascension und Declination zweier Sterne ihren scheinbaren Abstand im Bogen zu finden.

Es sei Fig. 62. der eine Stern in R, der andere in U, also der Bogen RU ihr Abstand. Ist nun A der erste Punkt des Aequators, so ist AB die Rectascension von R u. BR seine Declination, eben so AM die Rectascension von U und UM seine Declination, also BM = AM — AB das

Maß des Winkels **RNU** oder **BNM**. Ferner ist **NR** = **NB** — **BR** = 90° — **BR** und **NU** = **NM** — **UM** = 90° — **UM**. Daher kennt man im Dreiecke **RNU** die beiden Seiten **RN** und **NU** nebst dem eingeschlossenen Winkel **RNM**, und nun läßt sich **RU** finden. Fällt man nämlich von **U** einen senkrechten Bogen **UT** auf **NR**, so hat man ein rechtwinklichtes Dreieck **UTN**, in welchem man **NT** durch die Proportion findet:

Sin. tot. : Cos. TNU = Tang. NU : Tang. NT.

Addirt man nun, da in der Figur das Perpendikel **UT** außerhalb des Dreiecks **NRU** fällt, den Bogen **NR** zu **NT**, so hat man **RT** und nun ergibt sich die Proportion:

Cos. NT : Cos. NU = Cos. RT : Cos. RU

wodurch also der gesuchte Bogen, als der Abstand beider Sterne, bekannt wird.

Wäre der Punkt **T** zwischen **R** und **N** gefallen, so hätte man, statt zu addiren, **NT** von **NR** abziehen müssen, um **RT** zu finden. Man sieht dies gleich daran, ob **NT** größer oder kleiner als **NR** kommt. In jedem Falle ist also **RT** gleich der Summe oder dem Unterschiede von **NT** u. **NR**.

In folgendem Beispiele fällt die senkrechte Linie **UT** außerhalb des Dreiecks, wie in der Figur. Wie groß ist der Abstand der Wega, des hellsten Sternes in der Lyra, von Dubhe, dem Eckſterne, im Vierecke des großen Bären nach dem Kopfe desſelben zu. In der Figur sei **R** der Stern Dubhe und **U** die Wega. Die Rectascension der Wega **AM** ist = 277° 47′ 19″, des Dubhe **AB** = 163° 17′ 26″, die Declination der Wega **UM** = 32° 37′ 55″, des Dubhe **RB** = 62° 39′ 41″. Aus dem Unterschiede der Rectascensionen ergibt sich der Bogen **BM**, also der Winkel **RNU** = 114° 29′ 53″ und aus dem Unterschiede der Declinationen von 90° der Bogen **NR** = 27° 20′ 19″ und der Bogen **NU** = 51° 22′ 5″. Man suche zuerst **NT**. Es verhält sich:

Sin. tot. : Cos. TNU = Tang. NU : Tang. NT.

Es ist nämlich **TNU** der Nebenwinkel von **RNU**, also = 180° — 114° 29′ 53″ = 65° 30′ 7″. Also die Rechnung:

Log. Cos. TNU	=	9,6176947
Log. Tang. NU	=	10,0973430
		19,7150377
Log. Sin. tot.	=	10,0000000
Log. Tang. NT	=	9,7150377

Daraus ergibt sich **NT** = 27° 35′ 20″. Dieses zu **RN** addirt, kommt **RT** = 54° 55′ 39″.

Nun verhält sich in dem rechtwinklichten Dreiecke **RU'T**:

Cos. NT : Cos. NU = Cos. RT : Cos. RU.

Log. Cos. NU = 9,7954039
Log. Cos. RT = 9,7593750
19,5547790
Log. Cos. NT = 9,9482354
Log. Cos. RU = 9,6065436

Hieraus ergibt sich der Bogen **RU**, also der Abstand beider Sterne = 66° 10′ 16″.

In folgendem Beispiele fällt der senkrechte Bogen **UT** unterhalb **R** und etwa in **V**.

Wie groß ist der Abstand zwischen Kapella, dem hellen Sterne im Fuhrmann, und Regulus im Löwen? Die Rectascension der Kapella = **AB** ist 76° 2′ 36″, des Regulus = **AM** ist 149° 49′ 48″. Die Declination der Kapella = **RB** ist 45° 48′ 49″ und die des Regulus = **UM** ist 12° 47′ 31″. Daraus ergibt sich **BM** = 73° 47′ 12″ = **RNU**; **NR** = 44° 11′ 11″ u. **UN** = 77° 12′ 29″. Also:

Sin. tot. : Cos. RNU = Tang. NU : Tang NT.

Log. Cos. RNU = 9,4459381
Log. Tang. NU = 10,6438401
Log. Tang. NT = 19,0897782

Daraus ergibt sich **NT** = 50° 52′ 49″, also größer als **RN**, folglich **TR** = 6° 41′ 38″.

Nun setze man wieder auf:

Cos. NT : Cos. NU = Cos. RT : Cos. UR.

Log. Cos. NU = 9,3452599
Log. Cos. RT = 9,9970294
19,3422893
Log. Cos. NT = 9,7999901
Log. Cos. UR = 9,5422992

Daraus ergibt sich **UR** selbst = 69° 36′ 1″. Im folgenden Beispiele endlich fällt die senkrechte Linie **UT** zwischen **R** und **N**.

Man sucht den Abstand zwischen Regulus im Löwen und dem hellen Sterne Arctur im Bootes.

Es ist die Rectascension des Regulus **AB** = 149° 49′ 48″, des Arctur **AM** = 211° 58′ 30″; die Declination

des Regulus **RB** = 12° 47′ 31″, des Arctur **UM** = 20° 4′ 13″. Es ist folglich **NR** = 77° 12′ 29″ und **UN** = 69° 55′ 47″ und **BM** = **RNU** = 62° 8′ 42″. Also die Rechnung:

Sin. tot. : Cos. RNU = Tang. NU : Tang. NT.

Log. Cos. RNU = 9,6695359
Log. Tang. NU = 10,4372791
Log. Tang. TN = 10,1068150

Daraus ergibt sich **TN** = 51° 58′ 33″, folglich **RT** = 25° 13′ 56″. Man setze also wieder auf:

Cos. NT : Cos. NU = Cos. RT : Cos. UR.

Log. Cos. NU = 9,5355124
Log. Cos. RT = 9,9564506
19,4919630
Log. Cos. NT = 9,7895764
Log. Cos. UR = 9,7023866

Daraus ergibt sich denn **UR** = 59° 45′ 41″, als der Abstand des Arctur vom Regulus.

§. 93. (b)

Nachdem man so, wie §. 92. gezeigt worden, die Rectascension eines Fixsterns und daraus die aller übrigen, so wie auch ihre Declinationen bestimmt hat, so sollte wegen der Unveränderlichkeit der Lage der Fixsterne diese Arbeit für immer gelten. Aber wenn man auch innerhalb eines Jahres eben keine Veränderung spürt, so bemerkt man doch bei Vergleichung weit von einander entfernter Beobachtungen, daß weder die Rectascension und Länge, noch die Declination der Fixsterne unverändert dieselbe bleibt, sondern daß vielmehr bei allen ein Fortrücken von Westen nach Osten stattfindet, also ein beständiges Entfernen vom Frühlingspunkte nach Osten zu, so daß Rectascension und Länge immerwährend wachsen und dadurch auch die Declination Veränderungen erleidet. Seit den frühesten bekannt gewordenen Beobachtungen vor etwa 2300 Jahren beträgt diese Entfernung schon 30 Grade. Diese Veränderung trifft alle Fixsterne und zwar auf eine so vollkommen gleichförmige Art, daß sie unmöglich in einer den Fixsternen eigenthümlichen Bewegung entstehen kann, sondern aus eben den Gründen bloß für scheinbar zu halten ist, aus denen wir oben die Bewegung

der Himmelssphäre gegen die Sonne durch eine Bewegung dieses Weltkörpers von Westen nach Osten erklärten. Alsdann bewegen sich nicht die Sterne vom Frühlingspunkte nach Osten zu, sondern umgekehrt, dieser entfernt sich von ihnen von Osten nach Westen, so daß derselbe immer weiter westlich fällt, die Sterne also einen immer größern östlichen Abstand bekommen. Diese Bewegung nennt man das Zurückweichen der Aequinoctialpunkte, oder das Vorrücken der Nachtgleichen. Die erstere Benennung kommt daher, weil diese Bewegung in Beziehung auf die jährliche der Sonne ein Rückwärtsgehen ist; die letztere, weil sie uns, die wir die tägliche Bewegung des Himmels von Osten nach Westen als ein Vorwärtsgehen ansehen, mit dieser Richtung übereinzustimmen scheint. Es besteht also die ganze Bewegung darin, daß die Sonne den Aequinoctialpunkt, eben weil er ihr entgegenrückt, mit jedem Jahre etwas früher erreicht, als den Fixstern, mit dem sie beim Anfange ihres Umlaufs in einerlei Declinationskreis stand. Sie vollendet also ihren Umlauf von einem Frühlingspunkte zum andern in kürzerer Zeit, als von einem Fixsterne bis wieder zu demselben zurück. Daher kommt es denn, daß der Frühling und somit alle Jahreszeiten mit jedem Jahre etwas früher eintreten, als es in Beziehung auf die Fixsterne sein müßte. Daher kann auch in dieser Hinsicht die Bewegung als ein Vorrücken betrachtet werden. Uebrigens geschieht dieses Zurückweichen sehr langsam. Nach den neuesten Untersuchungen beträgt es in einem Jahre nur 50″,231, also in 100 Jahren, 1° 23′ 41″, in 1000 Jahren 13° 56′ 50″ und seit der ersten Beobachtung desselben durch den griechischen Astronomen Hipparchus, 128 Jahre vor Chr. G., ungefähr 30 Grade.

§. 94.

Das Zurückweichen der Aequinoctialpunkte kann entweder durch eine Bewegung des Aequators oder der Ekliptik, entstehen, weil nur durch eine oder die andere der Durchschnittspunkt (Fig. 82.) in andere Punkte des Aequators oder der Ekliptik kommen könnte. Wäre die Ekliptik der sich bewegende Kreis, so müßten auch ihre Axe und Pole ihre Lage ändern. Es sei also **QA** der Aequator, **DB** die Ekliptik, **a** und **g** die Pole der Ekliptik, **N** und **S** die Welt-

pole. Hätte nun die Ekliptik sich fortbewegt, so wäre auch der Pol aus seiner Lage gerückt worden, und etwa von **a** nach **c** gekommen. Dies würde man daran sehen, daß Sterne, wie **b** und **d** ihre Breite geändert hätten; denn dem Stern **d** wäre der Pol um den Bogen **ac** näher gerückt und um eben so viel wäre sein Abstand von der Ekliptik größer geworden; der Stern **b** wäre sogar jenseits des Pols gekommen und seine Breite, die vorher **bc** war, wäre nun auf der hintern Halbkugel der Bogen **bak**. Ebenso müßte sich auch manchmal die Länge ändern. Der Stern **d** würde seine Länge behalten, weil er in einerlei Breitenkreis **adC** oder **cdC** bleibt; der Stern **b** aber wäre jenseits des Pols getreten, sein Breitenkreis läge nun auf der hintern Halbkugel und wäre **caK**, also wäre seine jetzige Länge von der vorigen gerade um 180° verschieden. Solche Veränderungen in der Breite und Länge der Sterne zeigen aber die Beobachtungen nicht. Die Aenderungen in den Breiten sind von ganz anderer Art, als daß sie sich hieraus erklären ließen, und die Aenderung der Länge ist ganz regelmäßig und successiv, indem sie bei jedem Stern jährlich 50″,21 beträgt. Es kann daher das Vorrücken der Nachtgleichen nicht durch eine Bewegung der Ekliptik und ihrer Pole bewirkt werden. Daher bleibt nichts übrig, als die Ursache in einer Bewegung des Aequators und seiner Pole zu suchen. Der Aequator kommt also Fig. 82. aus der Lage **QCA** in die Lage **EGF**, sein Nordpol rückt von **N** bis **n**, der Südpol von **S** bis **s** und der Durchschnittspunkt mit der Ekliptik von **C** bis **G** (von Osten nach Westen). War nun vorhin der Bogen **CB** = 90°, also **B** der Solstitialpunkt, und **aNBg** der Solstitialkolur, so ist jetzt **GI** = 90° und **I** der Solstitialpunkt, also **anIg** der Solstitialkolur. Da ferner die Schiefe der Ekliptik durch das Zurückweichen nicht geändert wird, so bleibt der Pol des Aequators immer in gleicher Entfernung vom Pol der Ekliptik und **na** ist = **Na**. Also besteht das Zurückweichen in einer rückgängigen Bewegung des Pols des Aequators, der sich von Osten nach Westen in einem Kreise, von dem der Bogen **Nnp** und **Ssq** gezeichnet ist, um den Pol der Ekliptik bewegt. Dadurch entsteht eine regelmäßige Zunahme der Länge der Sterne, welche in jedem Jahre so viel beträgt, als das Zurückgehen des Pols **N** nach **n** in dieser Zeit ausmacht. Auch ändert

sich nun die Declination und Rectascension der Sterne. Hatte z. B. der Stern e vorher die Declination eP und die Rectascension CP, so hat er jetzt die Declination eO und die Rectascension GO. Seine Länge ist aus CI zu GI geworden, seine Breite eI aber unverändert geblieben. Beträgt das Zurückweichen der Aequinoctialpunkte jährlich 50″,231, so läßt sich berechnen, in wie viel Jahren diese Punkte den ganzen Umlauf bis zu dem Sterne, wo anfänglich der Frühlingspunkt war, vollenden müssen, wenn man aufsetzt:

50″,231 : 360° = 1 Jahr : gesuchte Zeit.

Die Rechnung gibt 25808 Jahre, oder wenn der Bruch 0″,231 noch nicht volle Richtigkeit haben sollte, so fällt der ganze Umlauf zwischen 25800 und 25900 Jahre. Binnen dieser Zeit befinden sich die Aequinoctialpunkte und die Weltpole bei immer andern und andern Sternen. Es wird diese Periode gewöhnlich das große Weltjahr oder das Platonische Jahr genannt, und es ist sehr wahrscheinlich, daß die alten Aegypter schon dasselbe kannten. In der ersten Hälfte desselben, d. h. in den ersten 6 Zeichen nähert sich der Aequator den südlichen Sternen und entfernt sich von den nördlichen; die Declinationen der erstern nehmen also ab, die der letzteren zu. In der zweiten Hälfte ist es gerade umgekehrt. Bei den Sternen nahe an den Aequinoctialpunkten ist die Aenderung der Declination am größten, dann vermindert sie sich nach und nach, je näher die Sterne den Solstitialpunkten stehen, und wird endlich in diesen selbst unmerklich.

§. 95.

Auch an der Schiefe der Ekliptik hat man eine Veränderung und zwar eine Abnahme bemerkt. Vor 2000 Jahren beobachteten Griechen und Chinesen diesen Winkel 23° 51′ und 23° 46′, vor 900 Jahren setzten ihn die Araber = 23° 35′, vor 400 Jahren die Europäer = 23° 32′, im 16. Jahrhundert = 23° 30′ im 17. = 23° 29′ und gegenwärtig ist sie 23° 27′ 32″. Da es dem ganzen Alterthume und dem Mittelalter noch an den zu solchen feinen Beobachtungen erforderlichen Instrumenten fehlte, so kann man sich freilich auf die Messungen vor Erfindung derselben nicht sehr verlassen; indessen sind doch die Angaben dadurch merkwürdig, daß sie, je älter sie sind, auch die Schiefe desto

größer angeben. Aber auch die neuern Astronomen mit ihren genauen Instrumenten haben bis jetzt eine Abnahme beobachtet und durch mehrfache Vergleichungen sie in 100 Jahren auf 40″ bis 44″ bestimmt. Diese Bewegung ist also bei weitem viel langsamer, als das Vorrücken der Nachtgleichen, auch folgt sie ganz andern Gesetzen, wie wir gleich sehen werden. Es sei Fig. 83. **QA** der Aequator, **DB** die Ekliptik, **P** der Pol des Aequators und **R** der der Ekliptik. Nun kann die Verminderung der Schiefe oder des Winkels **BGA** entweder dadurch entstehen, daß die Ekliptik, oder dadurch, daß der Aequator um den Durchschnittspunkt **G** sich drehet, also entweder die Ekliptik aus der Lage **DGB** in die Lage **dGb**, oder der Aequator aus der Lage **QGA** in die Lage **qGa** kommt. Nimmt man eine Bewegung des Aequators an, so daß die Lage seiner Axe aus **PS** zu **ps** wird, so muß sich dadurch die Abweichung der Sterne ändern, die Breite aber unverändert bleiben. Die Declination des Sterns **F** wird aus **FA** zu **Fa**, also um den Bogen **aA** vermindert, die Declination des Sterns **K** dagegen aus **KA** zu **Ka**, also um **Aa** vermehrt; die Breiten **FB** zu **KB** bleiben aber die nämlichen. Allein die Beobachtungen zeigen gerade das Gegentheil. An den Declinationen bemerkt man keine Veränderung, die von der Abnahme der Schiefe der Ekliptik herrühren könnte, dagegen aber wohl an der Breite der Sterne, und diese Veränderung ist gerade so beschaffen, wie sie erfolgen muß, wenn die Ekliptik sich um **G** drehet. Die Breite des Sterns **F** wird nun aus **FB** in **Fb** verwandelt, also um **Bb** vermehrt, die Breite des Sterns **K** dagegen aus **KB** zu **Kb**, also um **Bb** vermindert. Es ist daher kein Zweifel, daß diese ganze Erscheinung durch die Bewegung der Ekliptik um den Punkt **G** bewirkt werde. Vermöge derselben nähert sie sich alle 100 Jahre um 40″ bis 44″ dem Aequator, und man könnte daher schließen, daß sie einst ganz mit demselben zusammenfallen werde. Indessen halten es jetzt die Astronomen für ausgemacht, daß diese Bewegung nur periodisch sei, daß die Verminderung des Winkels viele 1000 Jahre fortdauern und dann wieder in eine Vergrößerung übergehen werde. Wir werden gegen das Ende dieses Werks bei der Lehre von den Störungen des Laufs der Weltkörper die Gründe für diese Meinung anführen. Wenn die Ekliptik aus der Lage **DB** in die Lage

db rückt, so muß auch ihr Pol von R nach r sich bewegen, so daß Rr = Bb ist, weil der Bogen rb eben sowohl ein Quadrant bleiben muß, wie es RB war. Also besteht die ganze Abnahme der Schiefe in einer Bewegung des Pols der Ekliptik nach dem Weltpole zu und zwar in der Ebene des Solstitialkolurs RPBA. So wie R nach r rückt, so rückt auch E nach e, also auch nach dem Weltpole S zu, und die Axe der Ekliptik kommt aus der Lage RE in die Lage re.

§. 96.

Das Fortrücken der Sonne in ihrer Bahn bemerkt man an ihrem Stande unter den Fixsternen. Daher waren schon im höchsten Alterthume 12 Sterngruppen oder Sternbilder besonders merkwürdig, welche sich längs der Ekliptik befinden und unter welchen die Sonne ihren jährlichen Umlauf hält, so daß sie mit jedem Monate zu einer neuen Sterngruppe übergeht. Diese 12 Sternbilder führen den Namen der 12 himmlischen Zeichen und haben folgende einzelne Benennungen und Zeichen:

♈ Widder	♋ Krebs	♎ Wage	♑ Steinbock
♉ Stier	♌ Löwe	♏ Skorpion	♒ Wassermann
♊ Zwillinge	♍ Jungfrau	♐ Schütz	♓ Fische.

Warum man gerade diese Namen jenen 12 Sternbildern gegeben habe, darüber wollen wir die Untersuchung den Erklärern der alten Mythen und Religionen überlassen; denn unstreitig beziehen sich dieselben auf gewisse mythische und religiöse Vorstellungen der Alten, für welche sie als hieroglyphische Zeichen angesehen werden können. Ihre Entstehung fällt in ein so hohes Alterthum, daß sie wahrscheinlich jenseits der Grenzen unserer ganzen Geschichte liegt. In so fern Indien als das Urland des Menschengeschlechts und als der erste Sitz aller Kultur angesehen werden kann, mag auch dasselbe das erste gewesen sein, wo man die Sonnenbahn nach den in ihrer Nähe befindlichen Sterngruppen zu bestimmen suchte, wo man also auch diesen Sterngruppen zuerst Namen beilegte. Von da mögen dieselben zu den Babyloniern und Aegyptern gekommen sein und zwar wohl auch schon in einer Zeitperiode, die jenseits der Grenze unserer Geschichte sich befindet. Von diesen Völkern erhielten sie endlich die Griechen und so pflanzten sich Sache und Namen bis auf unsere Zeiten fort.

Das Zeichen des Widders wird als dasjenige angesehen, in welches die Sonne tritt, wenn sie den 20sten oder 21sten März im Durchschnittspunkte der Ekliptik und des Aequators steht. In dieser Gegend nämlich befand sich vor etwa 2150 Jahren wirklich das Gestirn, welches den Namen Widder führt; vermöge der Vorrückung der Nachtgleichen aber steht es gegenwärtig an 30 Grade davon entfernt. Ob nun aber gleich die Gestirne nicht mehr da stehen, wo sie nach den Benennungen ihrer Zeichen stehen sollten, so hat man doch Zeichen und Namen für diejenigen Stellen der Ekliptik beibehalten, wo sie vor 2150 Jahren mit den Gestirnen wirklich zusammen trafen, und man sagt immer noch: die Sonne tritt in den Widder, Stier u. s. w., obgleich die so genannten Gestirne weit davon entfernt sind. Man muß daher gegenwärtig Zeichen und Gestirne wohl von einander unterscheiden. Nur die erstern kommen in der Astronomie noch in Betrachtung, nicht die letztern, in so fern nämlich von Bestimmung des Sonnenlaufs die Rede ist. Auch im Alterthume machte man schon gewissermaßen diesen Unterschied; denn ohne auf die größere oder geringere Ausdehnung eines Sternbildes Rücksicht zu nehmen, theilte man die ganze Ekliptik in 12 gleiche Theile, so daß also auf jedes Zeichen genau 30 Grade kamen. Die Zeit, in der die Sonne eine solche Abtheilung durchläuft, stimmt ungefähr mit der Zeit von einem Neumonde zum andern überein, und deshalb gab man ihr den Namen Monat. So bildeten sich denn die 12 Monate des Jahres. Man zählt die Zeichen in der oben angegebenen Ordnung von Westen nach Osten und zwar so, daß man das Zeichen des Widders das Oste, des Stiers das 1ste, der Zwillinge das 2te u. s. w. nennt. Nach dieser Art zu zählen wird von den Astronomen die Länge der Sterne bestimmt. Steht z. B. ein Stern im 20sten Grade der Länge oder im 20sten Grade des Widders, so sagt man, seine Länge sei 0 Z. 20° (Null Zeichen und 20 Grade); steht er im 40sten Grade der Länge, d. h. im 10ten Grade des Stiers, so ist seine Länge 1 Z. 10° (1 Zeichen 10 Grade). Wenn also die Länge eines Sterns zu 4 Z. 15° angegeben wird, so geht der Breitenkreis desselben durch den 15ten Grad des Löwen: seine Länge ist also 135 Grade. Man braucht nämlich immer nur die Zahl des Zeichens mit 30 zu multipliciren

und die gegebene Menge von Graden, Minuten und Sekunden dazu zu rechnen, so erhält man die Länge ganz in Graden ausgedrückt.

Die Monatstage, an welchen die Sonne in jedes dieser Zeichen tritt, sind folgende: In den ♈ den 20sten oder 21sten März, in den ♉ den 21sten April, in die ♊ den den 21sten Mai, in den ♋ den 21sten Juni, in den ♌ den 22 Julius, in die ♍ den 23sten August, in die ♎ den 23sten Septbr., in den ♏ den 22sten Octbr., in den ♐ den 21sten Novbr., in den ♑ den 21sten Decbr., in den ♒ den 19ten Januar, in die ♓ den 18ten Februar und dann wieder im März in den Widder. Widder und Wage bezeichnen also die Aequinoctial-, Krebs und Steinbock die Solstitialpunkte. Vom Steinbock an erhebt sich die Ekliptik von Süden nach Norden, vom Krebs an senkt sie sich von Norden nach Süden; darum nennt man die sechs Zeichen: ♑, ♒, ♓, ♈, ♉, ♊ die aufsteigenden und die folgenden 6: ♋, ♌, ♍, ♎, ♏, ♐ die absteigenden Zeichen.

Diese 12 Sternbilder liegen auf beiden Seiten der Ekliptik und erstrecken sich bis zu einer Breite von 10 und in einigen Gegenden bis 20 Grade. In diesem Raume erblickt man nun auch die Planeten, nur die vier neu entdeckten Ceres, Juno, Pallas, Vesta machen zum Theil davon eine Ausnahme und entfernen sich noch weiter von der Ekliptik. Die Alten dachten sich daher zwei Parallelkreise mit der Ekliptik in einem Abstande von 9° sowohl gegen Norden als Süden, und nannten nun die ganze davon eingeschlossene Zone, welche von der Ekliptik in 2 Halbzonen getheilt wird, den Thierkreis oder Zodiacus, unstreitig, weil die meisten Sternbilder desselben als Thierfiguren gedacht werden.

§. 97.

Die andern Sterne der nördlichen und südlichen Halbkugel des Himmels werden eben so, wie die Gestirne des Thierkreises, in Sternbilder getheilt, von denen diejenigen, welche schon die Alten gebildet hatten, größtentheils Darstellungen aus der griechischen Mythologie enthalten. Die von den Neuern hinzugefügten Sternbilder, welche sich meistens in der südlichen Halbkugel befinden, von der die Alten nur

wenig Sterne kannten, beziehen sich theils auf merkwürdige Erfindungen, theils auf historisch wichtige Personen oder Naturgegenstände. Außer den 12 Sternbildern des Thierkreises kannten die Alten in der nördlichen Halbkugel 23 Sterngruppen, nämlich: Den kleinen und großen Bär (den Wagen), den Drachen, den Cepheus, den Bootes, die nördliche Krone, den Herkules, die Leier, den Schwan, die Kassiopea, den Perseus, den Fuhrmann, den Schlangenträger (Ophiuchus), die Schlange, den Pfeil, den Adler, den Delphin, das Füllen (kleine Pferd), den Pegasus, die Andromeda, den Triangel, das Haar der Berenice (im 2ten Jahrh. v. Chr. G. gebildet) und den Antinous (im Anfange des 2ten Jahrh. n. Chr. G.). An der südlichen Halbkugel rühren 13 Sternbilder von den Alten her, nämlich: Der Wallfisch, der Orion, der Eridanus, der Hase, der große Hund, der kleine Hund (Procyon), das Schiff Argo, die Hydra, der Becher, der Rabe, der Centaur, der Wolf, der Altar, die südliche Krone, der südliche Fisch. In der nördlichen Halbkugel sind von den Neuern noch hinzugefügt worden: Das kleine Dreieck, der Kamelopard, Friedrichs Ehre, das Einhorn, der Luchs, der kleine Löwe, der Sextant, die Jagdhunde, der Cerberus, der Fuchs, der Poniatowskysche Stier, das Rennthier, der Erntehüter und der Mauerquadrant; in der südlichen Halbkugel aber: der Phönix, die amerikanische Gans (Tukan), die männliche Wasserschlange (Hydrus), der Schwertfisch, der fliegende Fisch, das Chamäleon, die Biene, der Paradiesvogel, das südliche Dreieck, der Pfau, der Indianer, der Kranich, die Eiche Karls II., die kleine und große Wolke, die Taube, das Kreuz, der Sobieskysche Schild, der brandenburgische Scepter, die Bildhauerwerkstatt, der chemische Ofen, die Pendeluhr, das Rhomboidalnetz, der Grabstichel, der Tafelberg, die Malerstaffelei, der Kompaß, die Luftpumpe, der Zirkel, das Lineal und Winkelmaß, das Teleskop, der Spiegel-Octant, das Mikroskop, der Einsiedlervogel, die Buchdruckerpresse, die Elektrisirmaschine, die Log-Linie, die Georgsharfe, der Luftball, die Katze.

Unter diesen 103 Sternbildern sind von allen Astronomen einstimmig 12 Sterne als Sterne der ersten Größe anerkannt worden, nämlich Aldebaran (das Auge des Stiers), Capella (die Ziege) im Fuhrmann, Rigel (im linken Fuße Orions), Beteigeuze (in der rechten Schulter Orions), Sirius (am Maule des großen Hundes), Regulus (das Herz des Löwen), Arkturus (am linken Knie des Bootes), Antares (das Herz des Skorpion), Wega in der Leier), Fomahant (das Maul des südlichen Fisches), Kanopus (am Steuerruder der Argo), Akarnar (am südlichen Ende des Eridanus). Die beiden letzten gehen für den Horizont von Europa nicht auf. Außerdem werden von den meisten Astronomen noch folgende 7 Sterne zur ersten Größe gerechnet: Kastor an dem einen Kopfe der Zwillinge, Procyon an der Hüfte des kleinen Hundes, Alphard das Herz der Wasserschlange, Denebola am Schwanze des großen Löwen, Spica, die Aehre der Jungfrau, Athair im Adler, Deneb im Schwanze des Schwans. Sirius und Kanopus übertreffen alle andere Sterne so sehr an Glanz, daß man sie in der reinen Luft der südlichen Länder am Tage sieht. Man hat Sterne bis zur neunten Größe, aber schon die von der siebenten sind nur sehr scharfen Augen noch erkennbar. Die noch kleinern heißen teleskopische Sterne, weil sie nur durch Fernröhre erkennbar sind. Diese verschiedenen Größen sind aber nur scheinbar und eine Folge des stärkern oder schwächern Glanzes der Sterne, der wahrscheinlich von ihren verschiedenen Entfernungen, auch wohl von der eigenthümlichen Beschaffenheit ihres Lichts herrühren mag. Jeder leuchtende Körper leihet der ihn umgebenden Atmosphäre einen Glanz, der es äußerst schwer macht, die eigentliche Größe des Körpers selbst zu erkennen. Mit einem solchen Lichtschimmer ist nun auch jeder Fixstern umgeben, der seinen scheinbaren Durchmesser desto mehr vergrößert, je näher er uns, oder je stärker sein eigenthümliches Licht ist. Durch Fernröhre wird dieser falsche Schimmer desto mehr entfernt, je vollkommner sie sind; durch diese erscheinen also auch die scheinbar größten Sterne nur als ganz kleine Punkte, und der Unterschied zwischen Sternen der ersten und der niedern Größen verschwindet; denn noch ist es keinem Astronomen gelungen, den Durchmesser eines Fixsterns zu bestimmen. Darin, daß

die Fixsterne uns nur als leuchtende Punkte erscheinen, liegt auch der Grund ihres Funkelns, weil jedes in der Atmosphäre schwimmende Dunstkügelchen sogleich den ganzen Stern uns verdeckt, wenn es vorüber geht, und dadurch seinen Glanz und die Richtung desselben ändert. Daher ist das Funkeln auch desto stärker, je mehr Dünste in der Atmosphäre sind. Man hat gegenwärtig mehr als 30000 Fixsterne nach ihrer Lage am Himmel beobachtet, aber die Anzahl aller Sterne ist für uns noch unbestimmbar, da vollkommnere Fernröhre immer neue entdecken lassen; doch kann man sicher annehmen, daß die Zahl derer, von denen noch wirklich Lichtstrahlen zu uns kommen, sich auf 100 Millionen belaufe.

Achter Abschnitt.

Wahrscheinlichkeit, daß die Bewegung der Sonne nur scheinbar und Folge einer wirklichen Bewegung der Erde ist. Das Ptolomäische, Tychonische und Kopernikanische Sonnensystem. Wie aus der Bewegung der Erde die jährliche Bewegung der Fixsterne erklärt werde. Jahreszeiten, Zonen, Verschiedenheit der Tageslänge. Benennungen der Erdbewohner von ihrer Lage gegen einander und gegen die Sonne.

---

§. 98.

Wir haben bisher angenommen, daß sich die Sonne wirklich so, wie es der Schein gibt, innerhalb eines Jahres um die Erde bewege. Aber so wie wir die tägliche Bewegung des Himmels als eine scheinbare erkennen und sie in der wirklichen Axendrehung der Erde begründet finden mußten, so möchte vielleicht auch jener jährliche Sonnenlauf bloß ein scheinbarer und die Ursache desselben in einem wirklichen Umlaufe der Erde um die Sonne zu suchen sein. Wir werden uns wieder, wie bei der Axendrehung, anfangs begnügen müssen, die Sache als wahrscheinlich vorzustellen, späterhin aber, wenn wir noch andere Erscheinungen am Himmel kennen gelernt haben, vollständige Beweisgründe für das wirkliche Dasein dieser Bewegung finden. Zuvörderst bemerken wir, daß die Erscheinung für uns ganz die nämliche sein müsse, ob wir annehmen, daß sich die Sonne um

die Erde, oder die Erde um die Sonne bewege. Es sei also Fig. 84. in S die Sonne, der kleine Kreis um dieselbe die Bahn der Erde, welche sie innerhalb eines Jahres vollendet, der größere Kreis die Projection der Ekliptik an der Sphäre, so daß die 12 himmlischen Zeichen im Umfange desselben liegen. Die Erde fange ihre Bewegung in a an. Hier erblickt sie die Sonne im Zeichen des ♈, während sie selbst am Himmel das Zeichen der ♎ über sich hat und von der Sonne in demselben gesehen wird. Wir sagen nun, die Sonne stehe im Widder; ein Bewohner der Sonne würde sagen, die Erde stehe in der Wage. Geht nun die Erde in der Richtung von Westen nach Osten, oder von a nach b, so muß uns, die wir von dieser Bewegung gar keine Empfindung haben, die Sonne nach eben der Richtung oder von A nach B zu gehen scheinen; und sind wir in b angelangt, so erblicken wir dieselbe am Himmel im ♉, während wir von der Sonne im ♏ gesehen werden. Kommen wir nach c, so ist uns die Sonne nach C gegangen; sie steht uns in den ♊, während wir selbst uns im ♐ befinden. So geht es denn immer fort. Die Sonne wird uns alle 12 himmlische Zeichen, so wie sie von Westen nach Osten auf einander folgen, zu durchlaufen scheinen, während wir selbst in den der Sonne entgegengesetzten Zeichen nach der nämlichen Richtung fortgehen. Die Wahrnehmung ist also für uns ganz dieselbe, es mag sich die Erde oder die Sonne fortbewegen.

§. 99.

Im Alterthume war die Meinung ziemlich allgemein, daß die Erde unbeweglich sei und die Sonne nebst den übrigen Planeten sich um sie herumdrehe. Diese Meinung wurde um 130 n. Chr. G. von Claudius Ptolomäus, einem berühmten Gelehrten zu Alexandrien, in ein förmliches System gebracht, das von ihm das Ptolomäische genannt wird. Wirklich muß man dem Erfinder desselben die Ehre lassen, daß er es mit mathematischer Schärfe durchgeführt und die scheinbare Bewegung der Planeten glücklich erklärt hat, aber doch nur in so fern glücklich, als damals die wahren Entfernungen der Weltkörper noch unbekannt waren. Denn sobald man diese erforschen konnte, mußte auch das Ungereimte dieses Systems einleuchten. Die Erde

war nach demselben in der Mitte des Universums, und um dieselbe bewegten sich zunächst der Mond, dann Merkur, Venus, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn. Ueber dem letztern war das Heer der Fixsterne. Alle diese Sterne hatten eine doppelte Bewegung, 1) die tägliche, die sie mit dem ganzen Himmel gemein hatten, und 2) die eigene, welche sie in kleinern oder größern Perioden um die Erde führte. Die Unstatthaftigkeit dieses Systems sahe zuerst Kopernikus, der als Kanonikus zu Frauenburg in Preußen die nöthige Muße hatte, sich ganz seinem Lieblingsstudium, der Astronomie, widmen zu können. Er lebte von 1472 bis 1543. In einigen alten Schriftstellern fand er Nachricht von der Idee des Pythagoras, der dieselbe wiederum aus Aegypten geschöpft hatte, daß die Erde sich in 24 Stunden um ihre Axe und in Einem Jahre um die Sonne drehe, und daß auch Merkur und Venus um die letztere ihre Bewegung vollführen. Da nun bei seinen Fortschritten in der Astronomie die Unzulänglichkeit des bisherigen Systems ihm vollkommen einleuchtete, so war ihm diese Idee äußerst willkommen. Er schuf darnach sein neues System, und 36jährige Beobachtungen und Untersuchungen des Himmels überzeugten ihn von seiner Richtigkeit und von der Uebereinstimmung desselben mit allen Erscheinungen. Kurz vor seinem Tode machte er dasselbe in seinem Werke **de revolutionibus orbium coelestium** dem Publikum bekannt. Es fand bei vielen unbefangenen, aber bei weitem noch nicht bei allen Astronomen Beifall, und einer der erklärtesten Gegner desselben war der berühmte Astronom Tycho de Brahe, der von 1546 bis 1601 lebte und seine großen Beobachtungen auf der von ihm auf der Insel Hveen bei Kopenhagen erbauten Sternwarte Uraniburg von 1576 bis 1597 anstellte. Einiger bekannten Stellen der Bibel wegen änderte er das Kopernikanische System dahin ab, daß er zwar die sogenannten Planeten sich um die Sonne bewegen, diese aber mit allen diesen Planeten um die im Mittelpunkte unbeweglich ruhende Erde sich drehen ließ. Die Erfindung der Rechnung des Unendlichen durch Newton und Leibnitz, die Erfindung und Vervollkommnung der Fernröhre durch Galiläi, Kepler, Gregory und Newton, die schon früher gemachte Entdeckung der einfachen Gesetze aller himmlischen Bewegungen und der

wahren Gestalt der Planetenbahnen durch Kepler, die Wahrnehmung der Trabanten des Jupiter und Saturn und der Sonnenflecken, die Beobachtung der Vorübergänge des Merkur und der Venus vor der Sonnenscheibe, der Verfinsterungen der Jupiterstrabanten und der Rotation der Planeten um ihre Axe, die Entdeckung der Abnahme der Schwere am Aequator, der Abplattung der Erde an den Polen, der Geschwindigkeit des Lichts, überhaupt die immer größere Vollkommenheit und Genauigkeit der Beobachtungen am Himmel verschafften endlich dem Kopernikanischen Systeme den vollkommensten Sieg und von einer Hypothese, die es anfänglich war, erlangte es die unwidersprechlichste Gewißheit, so daß es wirklich schon im 17ten Jahrhundert fast von allen Astronomen angenommen wurde. Nach diesem System nun bewegt sich zunächst um die Sonne Mercur, dann Venus in einem größern Kreise, jetzt die Erde und unmittelbar um dieselbe der Mond, zugleich aber auch mit der Erde um die Sonne; jenseits der Erdbahn folgt der Umlauf des Mars, dann kommen die in einander geschlungenen Bahnen der Ceres, Juno, Pallas und Vesta (deren Entdeckung aber erst dem Anfange des 19ten Jahrhunderts vorbehalten blieb), nach diesen die Bahn des Jupiter, des Saturn und des auch erst am Ende des 18ten Jahrhunderts entdeckten Uranus mit ihren Monden. Die Figuren 85. und 86. stellen das Ptolomäische und Tychonische System vor; das Kopernikanische finden die Leser auf einer besondern Tafel in größerem Maßstabe. Wir geben die erstern beiden ohne weitere Erläuterung, doch werden über das Ptolomäische weiter unten einige Bemerkungen folgen. Das Tychonische System, so wichtig und berühmt auch sein Urheber durch die trefflichsten Beobachtungen in der Astronomie geworden ist, hat doch fast mit seinem Entstehen auch seinen Untergang gefunden; um so mehr kann alle weitere Erörterung desselben übergangen werden. Das Kopernikanische liegt unserer ganzen Darstellung der Astronomie zum Grunde; seine nähere Erläuterung ist daher besonderer Zweck derselben.

§. 100.

Wir können also für jetzt die Bewegung der Erde um die Sonne als die wahrscheinlichste Hypothese annehmen,

bis wir in der Folge die Gründe für ihre Wahrheit zu verstehen im Stande sind, und nach derselben alle damit zusammenhängende Erscheinungen erklären. Daß also die Sonne eine Bewegung von Westen nach Osten am Himmel zu haben scheint und täglich ungefähr 4 Minuten später als ein Firstern culminirt, mit dem sie 24 Stunden zuvor zugleich im Meridian stand, oder daß umgekehrt ein Firstern täglich 4 Minuten früher als die Sonne die Mitte seines Laufs erreicht, läßt sich vollkommen aus der Bewegung der Erde um die Sonne deutlich machen. Es sei Fig. 87. die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne in **D**, die Sonne in **S** und für den Ort **A** zugleich mit einem Firstern **E** im Meridian. Binnen den 24 Stunden, während deren die Erde sich einmal um ihre Axe drehet, sei dieselbe von **D** nach **F** gegangen, und der Punkt **A** an seinen vorigen Ort wieder zurückgekehrt. Er sieht also den nämlichen Firstern **E** vermöge der Parallele **AE** wieder im Meridian, die Sonne aber steht ihm noch östlich von demselben und der Punkt **A** muß sich erst vermöge der Rotation bis nach **B** drehen, ehe er die Sonne wieder im Meridian sieht. Dieser kleine Bogen beträgt nun ziemlich genau einen Grad, und die Erde braucht bei ihrer Rotation beinahe 4 Minuten Zeit, um ihn zu durchlaufen. Darum culminirt der Firstern **E** etwa 4 Minuten eher als die Sonne, oder, was eben so viel ist, die Zeit einer Rotation der Erde dauert nach der durch die Sonne bestimmten Zeit nicht 24 Stunden, sondern nur 23 Stunden 56 Minuten. Kommt am folgenden Tage die Erde bis **G**, so sieht der Punkt **A** den Firstern **E** wieder culminiren; ehe aber die Sonne in den Meridian kommt, muß der Punkt **A** durch die Rotation bis **C** kommen, und der Bogen **AC** wird nun 2 Grade betragen, welche **A** in 8 Minuten Zeit zurücklegt. So culminirt also die Sonne jeden Tag 4 Minuten später, oder ein Firstern so viel eher, und dies trägt auf den Monat ungefähr 2 Stunden aus. Alle Monate also gehen die Fixsterne 2 Stunden eher auf und um eben so viel Zeit eher durch den Meridian. Daher kommt es denn, daß nach Verlauf eines Vierteljahres die Fixsterne um eben die Zeit culminiren, wo sie am Anfange aufgingen, und diejenigen untergehen, die am Anfange culminirten.

§. 101.

Durch die Bewegung der Erde um die Sonne entsteht also nicht nur das scheinbare Fortrücken der Sonne an der Himmelssphäre, sondern es wird auch zugleich deutlich, wie der Himmel, außer der 24stündigen Rotation um die Erde, auch noch eine jährliche nach derselben Richtung von Osten nach Westen um dieselbe haben könne. Es wird deutlich, wie alle Sterne beide Bewegungen theilen können, da sie nur scheinbar sind, und doch auch, insofern sie Planeten sind, ihrer eigenthümlichen Bewegung von Westen nach Osten zu folgen vermögen. Durch die letztere verändern sie wirklich ihren Ort am Himmel, durch die Rotation der Erde gehen sie aller 24 Stunden mit der ganzen Himmelskugel durch den Meridian, und durch die jährliche Bewegung der Erde vollenden sie eine Art jährlichen Umlauf um dieselbe, der aber nicht so vollständig, als der der Fixsterne sein kann, weil er durch ihre wirkliche Bewegung modificirt wird. In Beziehung auf die Fixsterne erlangen wir durch die wirkliche Bewegung der Erde oder die scheinbare der Sonne den Vortheil, daß wir binnen einem Jahre nach und nach alle Sterne des uns sichtbaren Theils der Himmelskugel durch den Meridian gehen sehen. Mit jeder Jahreszeit werden uns also andere Sterne sichtbar. Die, welche unsere heitern Winternächte verschönern, stehen im Sommer während des Tages über dem Horizont, und die, welche uns die Tageshelle im Winter verbirgt, erscheinen uns in heitern Sommernächten. Im Herbste sehen wir die Sterne, welche uns im Frühjahr unsichtbar bleiben, und in diesem glänzen in der Nacht diejenigen, welche im Herbste am Tage über unsern Gesichtskreis dahin eilen. So schmückt sich also der Himmel in jeder Zeit des Jahres mit andern Sternen. Diejenigen, welche nicht untergehen, erblicken wir in verschiedenen Jahreszeiten in verschiedenen Gegenden des Himmels. Um die Mitte des Sommers sahen wir den großen Bär westlich vom Meridian, den Fuhrmann nordnordwestlich vom Pole, den Perseus im Norden, die Sterne der Kassiopea nordöstlich, den Schwan und die Leier an der Ostseite des Himmels, letztere schon in der Nähe des Meridian; um die Mitte des Winters ist dies Alles umgekehrt. Eine aufmerksame Beobachtung des Himmels wird uns also bald in den Stand setzen, im Voraus zu bestimmen, welche Sterne sich

in dieser oder jener Gegend befinden müssen, wodurch die Kenntniß derselben sehr erleichtet wird.

Gegen obige Beobachtungen könnte man einwenden, daß man die Sonne nicht zugleich mit einem Fixstern culminiren sehen könne. Wir haben darauf schon §. 79. geantwortet. Wegen der gleichförmigen täglichen Umdrehung des Himmels ist dies nämlich gar nicht nöthig. Sobald man von irgend einem Fixstern beobachtet, daß er den einen Tag 4 Minuten eher culminirt, überhaupt 4 Minuten eher an irgend einem Punkte des Himmels steht, als den vorhergehenden Tag, so muß sich auch dieser Stern um einen Grad weiter westlich von der Sonne entfernt haben, weil wir alle Tageszeiten nach der Sonne bestimmen. Während eines Sonnentages wälzt sich also der Erdkörper 361 Grad herum, als in 365 Sonnentagen oder einem Jahre 366 Mal.

§. 102.

Durch den verschiedenen Stand der Sonne gegen die Erde, welcher eine Folge der Schiefe der Ekliptik ist, also, wie wir jetzt sagen können, des Winkels, den die Erdbahn mit dem Aequator macht, wird die Abwechselung der Jahreszeiten auf derselben verursacht, so wie durch die Lage eines Orts gegen den Aequator die verschiedenen Klima's auf der Erde. Wenn man auch nicht annehmen kann, daß die Wärme auf unserm Planeten im eigentlichen Sinne von der Sonne herkommt, so ist sie doch ein Produkt, das durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die Atmosphäre und die Erdfläche, theils auf mechanische Art durch Reibung, theils durch chemische Prozesse erzeugt wird. Jede Kraft hat dann die stärkste Wirkung auf einen Gegenstand, wenn sie senkrecht auf dessen Fläche gerichtet ist; denn bei einer schiefen Richtung geht immer ein Theil der Kraft verloren. Dies lehrt alle Erfahrung. Ein Schlag, in schiefer Richtung gegen eine Fläche geführt, hat bei weitem nicht die Wirkung, als wenn er senkrecht gegen dieselbe gerichtet ist. Wie viel von der Kraft verloren gehe und bleibe, wird in der Physik durch die Zerlegung der Kräfte bestimmt. Wirkt z. B. Fig. 88. eine Kraft nach der Richtung **DC** auf die Fläche **AB**, so kann ich mir, wenn die ganze Kraft durch die Linie **EC** ausgedrückt wird, dieselbe in 2 andere Kräfte **EG** und **EF** zerlegt vorstellen, von denen die eine **EG** senk-

recht auf die Fläche, die andere EF mit derselben parallel ist. Letztere hat offenbar keine Wirkung, also wirkt nur die erstere, d. h. die Kraft EC kann nur so auf die Fläche wirken, als ob sie die Größe EG hätte. Je schiefer EC gegen AB, d. h. je kleiner der Winkel ECG ist, desto kleiner wird EG, desto kleiner ist also die Wirkung, welche EC auf AB äußert. So ist es gerade auch mit den Sonnenstrahlen. Je schiefer sie auffallen, desto schwächer, je senkrechter, desto stärker ist ihre Wirkung auf die Erdfläche. Der Winkel aber, unter dem die Sonnenstrahlen die Horizontalfläche treffen, ist von der Höhe derselben über den Horizont abhängig; denn diese Höhe ist eben der Bogen des Scheitelkreises, welcher dem Winkel zum Maße dient. Ist die Sonne (Fig. 89.) in B, D, E, so machen ihre Strahlen mit dem Horizont AG die Winkel ACB, ACD, ACE, und von diesen Winkeln sind die Bogen AB, AD, AE, welche die Höhen der Sonne ausdrücken, das Maß. Am größten ist der Winkel, wenn die Sonne im Zenith F steht, denn dann ist er ein rechter. Daher ist die Wärme der Sonnenstrahlen, so wie die Intensität ihres Lichts am stärksten, wenn die Sonne im Meridian eines Ortes steht, weil sie dann ihre größte Höhe erreicht hat, am schwächsten, wenn sie sich im Horizont selbst befindet. Da also das Klima in verschiedenen Gegenden der Erdfläche im Allgemeinen von der Höhe der Sonne im Meridian abhängt, so wird sich daraus, so wie aus dem Umstande, daß sie für einige Theile der Erde gar nicht untergeht, ein Grund herleiten lassen, die ganze Kugelfläche der Erde in gewisse Zonen oder Erdstriche zu theilen. Es wird also auf jeder Seite des Aequators eine Zone geben, wo die Sonne für jeden Punkt derselben wenigstens ein Mal ins Zenith kommt, eine Zone, wo dies nicht geschieht, wo aber die Sonne noch auf- und untergeht, und eine, wo die Sonne in einem Theile des Jahres ihre Tagekreise ganz über, oder ganz unter dem Horizont beschreibt.

§. 103.

Es sei (Fig. 90.) N der Nord- und S der Südpol, AQ der Aequator, ED die Ekliptik, der äußere Umfang des Kreises der gemeinschaftliche Meridian mehrerer Oerter, G das Zenith eines Orts. Der Abstand des Zeniths vom Aequa-

tor ist gleich der Breite des Ortes, z. B. der Bogen GA und die Ergänzung dieser Breite oder dieses Abstandes ist gleich der Höhe des Aequators. Die Declinationen der Sterne sind mit der Breite eines Orts entweder gleichnamig oder ungleichnamig, d. h. beide entweder zugleich nördlich oder südlich, oder die eine nördlich, die andere südlich. Hat nun ein Stern gleichnamige Declination mit der Breite eines Orts und haben beide gleichviel Grade, so geht der Stern bei der Culmination durch das Zenith des Orts, z. B. durch G, wenn seine Declination GA und sein Tagekreis GH ist. Sind aber bei gleicher Größe Declination und Breite ungleichnamig, so geht er durch das Nadir des Ortes, z. B. für die nördliche Breite GA geht der Stern I, dessen südliche Declination IA = GA ist, durch das Nadir K und sein Tagekreis ist IK. Ist die Declination größer als die Breite eines Ortes, so geht der Stern zwischen Zenith und Pol, oder zwischen Nadir und Pol durch den Meridian, je nachdem Gleich- oder Ungleichnamigkeit beider Statt findet. Das Erstere wäre für den Ort, dessen Zenith G ist, mit dem Stern R, das Letztere mit dem Stern T der Fall. Ist aber die Declination kleiner als die Breite eines Orts, so fällt die Culmination zwischen Zenith und Aequator oder zwischen Nadir und Aequator, je nachdem beide gleich- oder ungleichnamig sind. Aus §. 38. wissen wir, daß Sterne nicht auf- oder untergehen, sobald ihre Declination der Aequatorshöhe gleich oder noch größer ist. Sind nämlich Declination und Aequatorshöhe gleichnamig, beide südlich, oder beide nördlich, so findet kein Aufgang, und sind beide ungleichnamig, die eine nördlich, die andere südlich, so findet kein Untergang Statt. Die Sterne E, W z. B. gehen nicht auf für den Ort G, denn ihre Declinationen EA, WA sind eben sowohl südlich, als die Aequatorshöhe AE, und die Sterne B, U gehen nicht unter, denn ihre Declination BA, UA sind nördlich, die Aequatorshöhe AE aber südlich. Sind Aequatorshöhe und Declination gleichnamig, so sind Declination und Breite ungleichnamig; sind aber Aequatorshöhe und Declination ungleichnamig, so ist letztere mit der Breite gleichnamig. Man kann also auch sagen: Sterne, deren Declination der Aequatorshöhe gleich oder noch größer ist, gehen nicht auf

oder nicht unter, je nachdem ihre Declination mit der Breite des Orts ungleich- oder gleichnamig ist.

§. 104.

Wenden wir nun dieses auf die Sonne an, so wird sich daraus die Eintheilung der Erdfläche in Zonen ergeben. Die größte nördliche und südliche Declination der Sonne beträgt 23° 28′ oder kürzer $23\frac{1}{2}$°. Alle Oerter also auf beiden Seiten des Aequators bekommen die Sonne ins Zenith, deren Breite nicht mehr als $23\frac{1}{2}$° beträgt. Die beiden Parallelkreise, welche diese Oerter auf beiden Seiten des Aequators einschließen, sind die Grenzen der heißen Zone und sind keine andern, als die schon genannten Wendekreise. Der nördliche **BD** heißt der Wendekreis des Krebses, weil die Sonne bei der größten nördlichen Declination im Zeichen des Krebses steht; der südliche **EF** heißt der Wendekreis des Steinbocks, weil die größte südliche Declination der Sonne mit dem Zeichen des Steinbocks zusammentrifft. Will man, so kann man zwei heiße Zonen, eine nördliche und eine südliche annehmen, die erstere vom Aequator bis zum Wendekreise des Krebses, die andere vom Aequator bis zum Wendekreise des Steinbocks. Für jeden Ort dieses Erdstrichs kommt die Sonne allemal dann ins Zenith, wenn ihre Declination der Breite des Orts gleich und beide gleichnamig sind. Zu andern Zeiten steht sie einen großen Theil des Jahres hindurch dem Zenith nahe, daher die beständige Wärme dieser Zone; denn auch bei der größten Abweichung vom Zenith, wenn der Ort im nördlichen Wendekreise und die Sonne im südlichen sich befindet, beträgt doch ihre größte Höhe über den Horizont noch 43 Grad, also so viel, als unter 52° Breite die Höhe der Sonne gefunden wird, wenn sie 5 Grad über den Aequator steht, oder im Anfange des April. Nie kann daher erstarrende Winterkälte eintreten.

Für solche Oerter, die $23\frac{1}{2}$ Grad vom Pol abstehen, deren Breite also $= 90 - 23\frac{1}{2}° = 66\frac{1}{2}°$ ist, ist die Aequatorshöhe der größten Declination gleich; die Sonne wird also zur Zeit dieser größten Declination entweder gar nicht unter- oder gar nicht aufgehen, je nachdem Declination und Breite gleich- oder ungleichnamig sind. Ist in der Figur **G** das Zenith eines solchen Orts, so steht dieses von

den Punkten DaE, wo die Sonne den höchsten und tiefsten Stand in der Ekliptik hat, 90° entfernt, also ist DE der Horizont des Orts. Ist nun die Sonne in D, so liegt ihr Tagekreis BD ganz über demselben, und sie kann nicht untergehen; steht sie aber in E, so ist ihr Tagekreis EF ganz unter dem Horizont, und sie kann nicht aufgehen. Für das Nadir von G ist es gerade umgekehrt. Da alle Derter, wo dies der Fall ist, $23\frac{1}{2}°$ vom Pole abstehen, so befinden sie sich in einem Kreise, der in dieser Entfernung von dem Pole gezogen ist. Dies ist also der Polarkreis, den der Pol der Ekliptik während der täglichen Rotation beschreibt. GH ist in der Figur der nördliche, IK der südliche Polarkreis. Für alle Derter der Erde nun, die zwischen einem Wendekreise und dem Polarkreise der nämlichen Halbkugel liegen, kommt die Sonne nicht ins Zenith und geht auf und unter. Sie liegen also in einer Zone zwischen einem Wende- und einem Polarkreise, und diese Zone heißt die gemäßigte, weil in derselben weder beständige Winterkälte, noch auch immerwährende Sommerwärme herrscht. Es gibt zwei gemäßigte Zonen, die nördliche und südliche gemäßigte; die erstere liegt zwischen dem Wendekreise des Krebses und dem nördlichen Polarkreise, die letztere zwischen dem Wendekreise des Steinbocks und dem südlichen Polarkreise.

§. 105.

Vom Polarkreise bis zum Pole, wo der Abstand der Derter vom Pole, also auch ihre Aequatorshöhe immer mehr abnimmt, und diese nie so groß als die größte Declination der Sonne werden kann, wird die Sonne mehrere Tage, ja Wochen und Monate lang gar nicht unter- und zu einer andern Zeit wieder gar nicht aufgehen. Das Erstere wird für einen Ort dieses Erdstrichs so lange der Fall sein, als die mit der Breite gleichnamige Declination der Sonne größer ist, als die Aequatorshöhe des Orts; das Letztere findet Statt, so lange die mit der Breite ungleichnamige Declination die Aequatorshöhe übertrifft. Es ist aber dieser Erdstrich nicht sowohl eine Zone, als vielmehr ein Kugelsegment, in dessen Mitte der Pol liegt. Er heißt und ist die kalte Zone, weil die Sonne nie hoch über den Horizont kommt und einen Theil des Jahres ganz unsichtbar ist. Die möglichst größte Mittagshöhe der Sonne findet in dieser Zone

im Polarkreise Statt; sie beträgt, wenn die Sonne die größet mit der Breite gleichnamige Declination hat, 47° oder die Sonne steht etwa so hoch, als unter 52° nördlicher Breite nach der Mitte des April. Im Pole, wo der Aequator selbst der Horizont wird, beträgt die möglichst größte Mittagshöhe der Sonne $23\frac{1}{2}°$, die Sonne steht also so hoch, als es unter 52° nördl. Breite im Anfange des November der Fall ist. Für alle zwischenliegende Derter ist also die Mittagshöhe der Sonne zwischen 47° und $23\frac{1}{2}°$; eine etwas beträchtliche Sonnenhöhe findet daher nur kurze Zeit, etwa 2 bis 3 Monat Statt; im übrigen Theile des Jahres steht die Sonne sehr niedrig oder ist gar nicht da, darum kann also nur wenig Wärme entwickelt werden, und erstarrende Winterkälte ist der Hauptcharakter dieses Erdstrichs. Es gibt übrigens 2 kalte Erdstriche, einen nördlichen, wenn der Nordpol, und einen südlichen, wenn der Südpol in der Mitte ist.

Die Größe dieser 5 Zonen läßt sich so übersehen. Die heiße Zone hat auf beiden Seiten einen Abstand von $23\frac{1}{2}°$ vom Aequator, ihre Breite beträgt daher 47° oder 47 . 15 = 705 Meilen. Ihr größter Umfang im Aequator ist 5400, ihr kleinster in den Wendekreisen 4952 Meilen. Daraus findet man nach §. 13. Nr. 13. den Inhalt ihrer Oberfläche = 3'701158 Quadratmeilen. Jede der beiden gemäßigten Zonen erstreckt sich vom $23\frac{1}{2}°$ bis $66\frac{1}{2}°$ der Breite, hat also von Süden nach Norden eine Ausdehnung von 43° oder 43 . 15 = 645 Meilen. Ihr größter Umfang in den Wendekreisen beträgt 4952, der kleinste in den Polarkreisen nur 2153 Meilen. Daraus ergibt sich wieder der Flächeninhalt einer jeden = 2'405462 Quadratmeilen. Jede der kalten Zonen wird vom Polarkreise begrenzt und hat als Kugelsegment einen Halbmesser von $23\frac{1}{2}°$, also von einem Punkte des Polarkreises bis zum gerade entgegengesetzten eine Breite von 47° oder 705 Meilen. Der Inhalt ihrer Oberfläche beträgt 384924 Quadratmeilen. Die beiden gemäßigten Zonen zusammen übertreffen also die heiße Zone an Größe, und die kalten unwirthbaren Zonen sind die kleinsten.

§. 106.

Betrachten wir nun die verschiedenen Jahreszeiten in diesen 5 Zonen, so ergibt sich Folgendes:

In der heißen Zone gibt es in Rücksicht der Temperatur wenig Verschiedenheit. Ist auch manchmal die Witterung kühl, so sinkt doch das Thermometer nicht leicht bis zum Gefrierpunkte und hält sich umgekehrt das ganze Jahr hindurch in beträchtlicher Höhe über demselben. Man unterscheidet daher nur die trockene und Regenzeit, welche aber nicht bloß vom Stande der Sonne, sondern auch von Lokalumständen abhängen, so daß sich über ihren Eintritt und ihre Dauer im Allgemeinen nichts festsetzen läßt. Will man ja astronomische Jahreszeiten für diese Zone bestimmen, so lassen sich diese so denken: Für jeden Ort zwischen den Wendekreisen kommt die Sonne jährlich zweimal ins Zenith, einmal auf dem Wege vom Steinbocks- bis zum Krebswendezirkel, und das zweite Mal, wenn sie von diesem zu jenem zurückkehrt. Indessen ist auch hierbei zu bemerken, daß, strenge genommen, viele Jahre vergehen können, ehe die Sonne, d. h. ihr Mittelpunkt, ganz genau in das Zenith eines Orts zu stehen kommt; denn dazu wird erfordert, daß der Augenblick, wo die Declination der Sonne der Breite des Orts gleich ist, genau mit dem Augenblicke der Culmination zusammenfalle. Die Sonne wird also zwar irgendwo über den Parallelkreis, dessen Breite ihrer Abweichung gleich ist, im Meridian senkrecht stehen, aber ob dies gerade an dem oder jenem Orte geschieht, darüber kann ein langer Zeitraum verfließen. Abstrahiren wir indessen von dieser strengen Genauigkeit, so ist es allerdings richtig, daß jeder Ort zwischen den Wendekreisen die Sonne, wenn auch nicht gerade ihren Mittelpunkt, jährlich zwei Mal im Zenith hat. Betrachten wir nun zuerst die Mitte der heißen Zone, den Aequator, so wird dieser die Sonne am 20. oder 21. März und den 22. oder 23. Sept. Mittags im Zenith haben. Nennt man also die Zeit Sommer, wo die Sonne die größte Höhe über den Horizont eines Orts erreicht, so hat der Aequator jährlich zweimal Sommer. In den Wendekreisen hat die Sonne den größten Abstand vom Aequator, also die kleinste Höhe über den Horizont. Dies gäbe also auch einen doppelten Winter für den Aequator. Steht die Sonne in der Mitte zwischen dem Aequator und den Wendekreisen, hat sie also $11\frac{3}{4}$ Grad Declination, so könnte man diese Zeit Frühling und Herbst nennen. Jeder davon wäre auch doppelt, der erste Herbst in der ersten Hälfte des Mai, der

erste Frühling im Anfange des August, der zweite Herbst im Anfange des November und der zweite Frühling im Anfange des Februar. Es gibt also im Aequator 8 Jahreszeiten. Vom 21. März bis zum 23. September fallen die Tagekreise der Sonne nördlich vom Zenith; vom 23. Sept. aber bis zum 21. März südlich von demselben. Alle Gegenstände werfen also Mittags ihren Schatten in der einen Hälfte des Jahres nach Süden, in der andern nach Norden, und an 2 Tagen, nämlich den 21. März und 23. Sept. gar keinen. Aus dem ersten Grunde heißen die Bewohner **Amphiscii**, Zweischattige, aus dem andern **Ascii**, Unschattige.

§. 107.

Für die andern Oerter des heißen Erdstrichs zwischen dem Aequator und den Wendekreisen lassen sich die Jahreszeiten nicht so nach einer allgemeinen Regel bestimmen, weil für jeden Parallel der Durchgang der Sonne durch das Zenith an einem andern Tage fällt. Man konnte daher, um doch etwas festzusetzen, für jeden dieser Oerter nur zwei Jahreszeiten, Sommer und Winter annehmen, und Sommer die Zeit nennen, wo die Sonne in derjenigen Hälfte der heißen Zone verweilt, in welcher der Ort liegt, Winter aber die Zeit, wo sie sich in der entgegengesetzten Hälfte derselben befindet. Für Oerter zwischen dem Aequator und dem Wendekreise des Krebses würde also der Sommer vom 21. März bis 23. September, für Oerter zwischen dem Aequator und dem Wendekreise des Steinbocks vom 23. Sept. bis zum 21. März fallen; der Winter bei beiden in der entgegengesetzten Jahreshälfte. In den Wendekreisen selbst kommt die Sonne jährlich nur ein Mal ins Zenith, und ihren größten Abstand hat sie im entgegengesetzten Wendekreise. Zu bemerken ist, daß hier die Sonne viel länger in der Nähe des Zeniths verweilt, als im Aequator und in andern Punkten der heißen Zone, weil in der Nähe der Solstitien die Declination der Sonne sich nur wenig ändert, z. B. vom 5. Juni bis zum 8. Juli nur um 2 Grade, während in den Aequinoctien, z. B. in der Frühlingsgleiche, eine solche Aenderung schon vom 17. bis 23. März stattfindet. Daher kann auch in den Wendekreisen die Hitze einen viel höhern Grad erreichen, als im Aequator. In Beziehung auf den Schatten

gelten für alle Punkte der heißen Zone dieselben Bestimmungen, wie für den Aequator. Die Bewohner sind Unschattige und Zweischattige, das Letztere aber nur bis zu den Wendekreisen, denn diese sehen Mittags die Sonne nur nach Einer Weltgegend, im Krebse nur nach Süden, im Steinbock nur nach Norden.

§. 108.

In den gemäßigten Erdstrichen wird endlich der Unterschied der Jahreszeiten bestimmter. Für den nördlichen beginnt der Sommer mit dem Eintritt der Sonne in das Zeichen des Krebses, den 21. Juni, der Herbst mit dem Eintritt in die Waage, den 22. oder 23. Sept., der Winter, wenn die Sonne den Wendekreis des Steinbocks erreicht, den 21. Decbr., und der Frühling, wenn sie am 20. oder 21. März wieder zum Aequator gelangt. Im südlichen gemäßigten Erdstriche ist Alles gerade entgegengesetzt. Der Winter beginnt mit dem Krebse, der Frühling mit der Waage, der Sommer mit dem Steinbock und der Herbst mit dem Widder. Die Bewohner beider Zonen heißen Einschattige, **Heteroscii**; denn nie bekommen sie die Sonne ins Zenith, weil die Breite jedes Orts in denselben größer ist, als die gleichnamige Declination, auch sehen sie die Sonne Mittags immer nur nach Einer Weltgegend, in der nördlichen gegen Süden, in der südlichen gegen Norden. Die Temperatur ist in denselben desto wärmer, je näher ein Ort den Wendekreisen liegt, und desto kälter, je mehr man sich den Polarkreisen nähert. Die glücklichsten Striche und die schönsten Länder dieser Zonen sind die, welche 10 bis 20 Grade von den Wendekreisen entfernt sind, also eine Breite von 33° bis 43° haben. In diesen Gegenden ist noch das ganze Jahr hindurch eine milde Temperatur und die Winter kurz; das Thermometer sinkt nur wenige Grade unter den Gefrierpunkt und auch dies nicht in jedem Jahre. In höhern Breiten beginnt die eigentliche Kälte und die längere Dauer des Winters, Beides in steigender Progression nach den Polarkreisen zu, so daß es in der Nähe derselben nur noch zwei Jahreszeiten, den langen, strengen Winter und den kurzen, obgleich wegen der langen Tage, warmen Sommer gibt. Dieses gilt denn auch für den kalten Erdstrich, nur in noch höherem Grade, ja hier würde, wegen des nie-

dern Standes der Sonne, selbst die Sommerwärme wegfallen, wenn nicht um die Zeit der Wenden die Sonne ihre Tagekreise ganz über dem Horizont beschriebe, so daß die Hitze wirklich einige Wochen lang einen sehr bedeutenden Grad erreichen kann, der aber doch nicht vermögend ist, den erstarrten Boden ganz zu durchdringen und überall das Eis zu schmelzen. Die Bewohner dieser Gegend heißen Umschattige, **Periscii**, weil zu der Zeit, wo die Sonne gar nicht untergeht, der Schatten nach allen Weltgegenden fallen kann. Unter den Polen selbst findet gar kein Auf- und Untergang der Sonne mehr Statt. So lange sie sichtbar ist, läuft sie, wie alle Sterne, beständig mit dem Horizont parallel, weil dieser der Aequator selbst ist. Es fällt daher aller Unterschied der Weltgegenden weg, und wo man nur nach dem Horizont hinblickt, da ist Süden oder Norden, und die Sonne und Sterne stehen beständig im Meridian, da der Pol auch das Zenith und jeder Declinationskreis ein Scheitelkreis ist.

§. 109.

Außer dem Einflusse, den der verschiedene Stand der Sonne auf die Temperatur in jeder Zone hat, ist auch die Verschiedenheit der Tages- und Nachtlänge zu bemerken. Das Verhältniß beider zu einander ist mit dem Verhältnisse des Tagebogens der Sonne zu ihrem Nachtbogen einerlei. Für die Bewohner des Aequators, deren Horizont durch beide Pole geht, ist im ganzen Jahre Tag und Nacht gleich lang, weil der Horizont auf alle Tagekreise der Sonne senkrecht steht und seine Ebene durch die Mittelpunkte aller dieser Kreise geht, folglich dieselben genau in zwei Hälften theilt. Die Sonne mag also stehen, wo sie will, so geht sie immer früh um 6 Uhr auf und Abends um 6 Uhr unter. Da nun die Sonne und alle Sterne, wo sie sich auch befinden, vom Horizont aus vollkommen senkrecht, oder, wie man im gemeinen Leben sich ausdrückt, ganz gerade in die Höhe steigen, und eben so senkrecht sich wieder unter den Horizont hinabsenken, so nennt man die Erscheinung der Himmelssphäre unter dem Aequator die gerade. Fig. 91. zeigt dieses senkrechte Auf- und Niedersteigen der Gestirne; **AQ** ist der Aequator, **NBSDN** der Horizont, **RT**, **LM**, **AQ**, **IK**, **OP** sind Tagekreise der Sterne oder der Sonne,

U, E, B, G, W die Punkte ihres Auf- und X, H, D, F, V die Punkte ihres Untergangs am Horizont. Die Gleichheit der Tag- und Nachtbogen erhellet von selbst.

So wie ein Ort sich vom Aequator entfernt, beginnt der Unterschied der Tag- und Nachtbogen. Der Horizont schneidet die Tagekreise nicht mehr unter rechten, sondern schiefen Winkeln und zwar unter immer schieferen, je weiter der Ort vom Aequator entfernt ist. Darum nennt man jetzt die Erscheinung des Himmels die schiefe Sphäre, weil die Sonne und alle Sterne unter schiefen Winkeln sich über den Horizont erheben und eben so hinabsenken. In der heißen Zone weichen die Winkel noch wenig vom rechten ab, und der Tagebogen unterscheidet sich noch nicht bedeutend vom Nachtbogen, wie man in Beziehung auf die Sonne aus folgender Tabelle über die Tageslänge sehen kann, die so berechnet ist, wie der Tag immer um eine halbe Stunde ab- oder zunimmt.

Abstand vom Äquator.					Längster Tag und längste Nacht an der Grenze.
von	0°	0′	bis 8°	34′	12 St. 30 M.
—	8°	34′	— 16°	44′	13 = 0 =
—	16°	44′	— 24°	22′	13 = 30 =

Acht und $\frac{1}{2}$ Grad nördlich und südlich vom Aequator beträgt also erst der Unterschied zwischen Tag- und Nachtbogen eine Stunde. Der längste Tag ist 12 St. 30 M., die kürzeste Nacht also 11 St. 30 M. lang, und umgekehrt die längste Nacht 12 St. 30 M. und der kürzeste Tag 11 St. 30 M. Wächst der Abstand wieder um 8° 10′, so beträgt der Unterschied zwei ganze Stunden. Am längsten Tage geht die Sonne um halb 6 Uhr auf und um halb 7 Uhr unter, am kürzesten um halb 7 Uhr auf und um halb 6 Uhr unter. Endlich noch ungefähr einen Grad über die Grenze der heißen Zone sowohl gegen Norden als gegen Süden hinaus ist der Unterschied erst 3 Stunden. Am längsten Tage scheint die Sonne von ein Viertel auf 6 Uhr bis drei Viertel auf 7 Uhr, und am kürzesten von drei Viertel auf 7 Uhr bis ein Viertel auf 6 Uhr.

§. 110.

Von jetzt an aber wird der Unterschied immer merklicher; denn die Breite der Zone, wo der längste Tag um

eine halbe Stunde zunimmt, wird immer geringer. Denken wir uns nun einen Ort des heißen Erdstrichs, etwa unsere Gegend, so zeigt Fig. 79. deutlich, wie der Horizont die Tagekreise der Sonne unter schiefen Winkeln und, den Aequator ausgenommen, ungleich schneidet. Es sei also **Z** das Zenith eines Ortes von etwa 52° nördlicher Breite, so ist **RH** der Horizont. Als größter Kreis halbirt er den Aequator und es ist **OAW = WQO**. Befindet sich also die Sonne in diesem Tagekreise, so ist Tag und Nacht gleich, und dies muß für alle Oerter der Erde der Fall sein, weil jeder Horizont den Aequator in zwei gleiche Hälften theilt. Es ist also auf der ganzen Erde Tag und Nacht gleich lang, mit Ausnahme der Pole, welche zugleich Tag ohne Nacht haben, indem an jedem die Hälfte der Sonne über dem Horizont steht. So wie sich aber dieselbe vom Aequator entfernt, werden die Tagekreise vom Horizont immer ungleicher geschnitten, wie sich leicht aus der Figur ergibt, wenn man sich an beiden Seiten des Aequators die Tagekreise der Sonne denkt. Es sind nur die äußersten gezeichnet, nämlich die Wendekreise, wo die Sonne am längsten und kürzesten Tage steht. Befindet sich also diese im Krebswendekreise **BD**, so geht sie für uns in **G** auf, culminirt in **B** und geht in **I** unter. Ihr Tagebogen ist also **GBI**, ihr Nachtbogen **IDG**, ersterer viel länger als der letztere, und die Auf- und Untergangspunkte weit nach Norden fallend. Da nun die Sonne sich nicht weiter nördlich vom Aequator entfernen kann, so ist für uns der längste Tag und die kürzeste Nacht. Steht aber die Sonne im Wendekreise des Steinbocks **EF**, so geht sie in **K** auf, culminirt in **E** und geht in **L** unter. Ihr Tagebogen ist **KEL**, der Nachtbogen **LFK**, letzterer größer als der erstere, und die Auf- und Untergangspunkte weit nach Süden fallend. Da die Sonne nicht weiter südlich vom Aequator abweichen kann, so haben wir die längste Nacht und den kürzesten Tag.

Aus der Figur ergibt sich auch, daß, je weiter das Zenith vom Pol sich entfernt und nach dem Aequator zu rückt, der Winkel, unter dem der Horizont die Tagekreise der Sonne und Sterne schneidet, sich immer mehr dem rechten nähere, bis er, wenn **Z** in **A** fällt, selbst ein rechter wird. Umgekehrt wird dieser Winkel desto kleiner, je weiter sich **Z** von **A** nach **N** zu entfernt, und er wird = **O**, sobald **Z**

in N selbst fällt; dann liegen also Horizont und Aequator in einer Ebene. Je mehr nun dieser Winkel vom rechten abweicht, desto ungleicher werden die Tagekreise geschnitten, desto größer wird also der Unterschied in der Tag- und Nachtlänge. An der Grenze des heißen Erdstrichs war der Unterschied des längsten Tages und der kürzesten Nacht 3 Stunden; er wächst nun bis zur Grenze der gemäßigten Zone im Polarkreise, wo er = 24 Stunden wird, weil daselbst der Horizont DE (Fig. 90.) die beiden Wendekreise in D und E nur berührt, also die Dauer der kürzesten Nacht oder des kürzesten Tages = 0 wird, d. h. verschwindet. Verfertigt man eine Tabelle für die Breitengrade, wo der längste Tag eine halbe Stunde zunimmt, so werden die Zonen, welche dadurch abgeschnitten werden, immer schmäler, wie sich aus dem Folgenden ergibt:

Abstand vom Aequator.	Breite der Zone.	Längster und kürzester Tag und längste und kürzeste Nacht an der Grenze.	
		Längster Tag und längste Nacht	Kürzester Tag und kürzeste Nacht.
Von 24° 12′ bis 30° 48′	6° 36′	14 St. 0 M.	10 St. 0 M.
= 30 48 = 36 31	5 43	14 30	9 30
= 36 31 = 41 24	4 53	15 0	9 0
= 41 24 = 45 32	4 8	15 30	8 30
= 45 32 = 49 2	3 30	16 0	8 0
= 49 2 = 52 0	2 58	16 30	7 30
= 52 0 = 54 31	2 31	17 0	7 0
= 54 31 = 56 38	2 7	17 30	6 30
= 56 38 = 58 27	1 49	18 0	6 0
= 58 27 = 60 0	1 33	18 30	5 30
= 60 0 = 61 19	1 19	19 0	5 0
= 61 19 = 62 26	1 7	19 30	4 30
= 62 26 = 63 23	0 57	20 0	4 0
= 63 23 = 64 11	0 48	20 30	3 30
= 64 11 = 64 50	0 39	21 0	3 0
= 64 50 = 65 22	0 32	21 30	2 30
= 65 22 = 65 48	0 26	22 0	2 0
= 65 48 = 66 8	0 20	22 30	1 30
= 66 8 = 66 21	0 13	23 0	1 0
= 66 21 = 66 29	0 8	23 30	0 30
= 66 29 = 66 32	0 3	24 0	0 0

Während wir also unter 52° Breite noch 2° 7′ oder 32 Meilen nordwärts reisen müssen, um den längsten Tag eine halbe Stunde länger zu bekommen, bedarf es unter 66°

Breite nur einer Ortsveränderung von 20′ oder 5 Meilen und unter $66\frac{1}{2}°$ Breite nur einer von 3′ oder $\frac{3}{4}$ Meilen.

§. 111.

Mit dem Polarkreise beginnen die über 24 Stunden dauernden längsten Tage und Nächte. Im Polarkreise berührt der Horizont die beiden Wendekreise in entgegengesetzten Punkten **E** und **D** (Fig. 90.). Für ein Zenith im nördlichen Polarkreise beträgt die Mittagshöhe der Sonne, wenn sie im Wendekreise des Krebses steht, die doppelte Declination der Sonne, sie ist also der Bogen **BE**; im entgegengesetzten Punkte ihres Tagekreises aber, oder in **D**, ist ihre Höhe = 0, also geht sie nicht unter und berührt nur den Horizont, nämlich mit ihrem Mittelpunkte, so daß die Hälfte der Sonne noch im Gesichtskreise sich befindet. Steht sie im südlichen Wendekreise, so ist ihre Mittagshöhe = 0, ihr Mittelpunkt liegt also im Horizont, die nördliche Hälfte derselben aber ist sichtbar. Um Mitternacht steht sie um den Bogen **DF** = der doppelten Declination unter dem Horizont. Die Aequatorshöhe des Orts ist alsdann der größten Declination der Sonne **AE**, also dem Abstande des Zeniths, d. h. des Polarkreises vom Pole gleich. Liegt nun der Ort noch nördlicher als der Polarkreis, z. B. in **R**, so wird der Zenithabstand vom Pole **RN**, also seine Aequatorshöhe **AL**, kleiner als die größte Declination der Sonne und die Tagekreise der letztern müssen folglich, wenn sie in der nördlichen Halbkugel liegen, so lange ganz über den Horizont fallen, so lange ihre Declination größer ist, als die Aequatorshöhe. Erst, wann beide gleich werden, **OA** = **AL**, wird sie um Mitternacht den Horizont berühren, denn ihr Tagekreis **OM** fällt in **M** mit dem Horizont **LM** zusammen. Befindet sich die Sonne in der südlichen Halbkugel, so wird sie so lange nicht aufgehen, als ihre südliche Declination die Aequatorshöhe übertrifft. Erst, wenn beide einander gleich werden, **AL** = **AL**, wird ihr Tagekreis **PL** den Horizont Mittags um 12 Uhr in **L** berühren. Von jetzt an beginnen die Tagekreise der Sonne, so wie sie näher nach dem Aequator zu rücken, den Horizont wieder zu durchschneiden; die Sonne geht auf und unter, und hat sie den Aequator erreicht, so ist ihr Tagebogen dem Nachtbogen gleich. Steigt sie nun über den Aequator gegen Norden, so wird der Tage-

bogen immer größer, der Nachtbogen kleiner; die Sonne verbirgt sich immer weniger unter dem Horizont und hat sie die Declination AO erreicht, so geht sie nicht mehr unter, und zwar so lange nicht, als sie Zeit gebraucht, um von O bis D und von D bis O zurückzugehen. Nun beginnt wieder der Auf- und Untergang, die Tageslänge nimmt ab, wird im Aequator der Nachtlänge gleich, dann immer kleiner und wenn die Sonne bis L unter den Aequator gesunken ist, so fängt die immerwährende Nacht an, welche so lange dauert, als die Sonne Zeit gebraucht, um von L bis E und von da wieder zurück bis L zu gehen. Liegt der Ort endlich im Pole selbst, so wird der Aequator der Horizont, die Aequatorshöhe also = O, diese daher beständig kleiner, als die Declination der Sonne und nur, wenn diese im Aequator selbst ist, derselben gleich. Der immerwährende Tag dauert daher so lange, als die Sonne Zeit gebraucht, um von A bis B und von B wieder zurück bis A zu gehen, also vom 20sten oder 21sten März bis zum 23sten Septbr. Die immerwährende Nacht dauert so lange, als die Sonne Zeit gebraucht, um von A bis E und von E wieder zurück bis A zu gehen, also vom 23sten Septbr. bis zum 20sten oder 21sten März. Im ganzen Jahre ist folglich 1 Tag und 1 Nacht. Folgende Tabelle zeigt die Dauer des längsten Tages, oder der längsten Nacht in der kalten Zone, so wie dieselbe um einen Monat zunimmt.

Abstand vom Aequator.						Breite der Zone.		Längste Tages- und längste Nacht an der Grenze.					
Von	66°	32′	bis	67°	18′	0°	46′	Von	24 St.	bis	1	Mon.	
=	67	18	=	69	44	2	46	=	1 M.	=	2	Mon.	
=	69	44	=	72	22	3	38	=	2 =	=	3	=	
=	72	22	=	78	11	4	49	=	3 =	=	4	=	
=	78	11	=	83	50	5	39	=	4 =	=	5	=	
=	83	50	=	90	0	6	10	=	5 =	=	6	=	

Man braucht also vom Polarkreise nur 46′ oder $11\frac{1}{2}$ Meile weiter nördlich zu reisen, so sieht man schon die Sonne einen ganzen Monat lang nicht untergehen.

Die Stellung der Sphäre gegen den Horizont heißt im Pole die parallele, weil alle Tagekreise parallel mit dem Horizont gehen. Wenn der Mittelpunkt der Sonne

im Aequator steht, so befindet sich ihre Nordhälfte für den Nordpol und ihre Südhälfte für den Südpol über dem Horizont; alsdann haben also beide Pole zugleich Tag. Außerdem hat der Südpol Tag, wenn der Nordpol Nacht hat, und umgekehrt. Von den Sternen sieht man in jedem Pole nur diejenigen, welche in der Halbkugel liegen, in deren Mitte sich der Pol befindet; die in der entgegengesetzten werden nie sichtbar.

§. 112.

Folgende Tabelle zeigt die Tageslänge unter verschiedenen Breiten der heißen und gemäßigten Zonen bei dem Eintritte der Sonne in jedes Zeichen.

Himmelszeichen.		Breitengrade, sowohl nördliche als südliche.														Himmelszeichen.	
Südlich.	Nördlich.	0°		10°		20°		23½°		30°		40°		50°		60°		66½°		Nördlich.	Südlich.
		St.	M.	St.	M.	St.	M.	St.	M.	St.	M.	St.	M.	St.	M.	St.	M.	St.	M.		
♋	♑	12	0	11	25	10	48	10	32	10	4	9	8	7	50	5	30	0	0	♑	♋
♌	♒	12	0	11	30	10	58	10	46	10	22	9	36	8	32	6	44	4	18	♐	♊
♍	♓	12	0	11	44	11	26	11	20	11	6	10	42	10	8	9	16	8	18	♏	♉
♎	♈	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	♎	♈
♏	♉	12	0	12	16	12	34	12	10	12	54	13	18	13	52	14	44	15	42	♍	♓
♐	♊	12	0	12	30	13	2	13	14	13	38	14	24	15	28	17	16	19	42	♌	♒
♑	♋	12	0	12	35	13	12	13	28	13	56	14	50	16	10	18	30	24	0	♋	♑

Diese Tabelle zeigt 1) daß unter dem Aequator beständig Tag und Nacht gleich sind, die Sonne mag stehen, wo sie will; 2) daß unter allen Breiten Tag- und Nachtgleiche ist, sobald die Sonne im 0° ♈ oder 0° ♎ steht.

3) Die senkrecht herunter gehenden Columnen zeigen die Tageslänge für die oben angegebenen Breitengrade an, wenn die Sonne in die auf der rechten und linken Seite angegebenen Zeichen tritt. Diese sind sowohl links als rechts in zwei Columnen, eine linke und rechte geordnet. Tritt die Sonne links in die Zeichen der linken, oder rechts in die Zeichen der rechten Columne, so zeigt die Ueberschrift südlich an, daß die angegebenen Tageslängen für so viel Grade südlicher Breite gelten, als die Ueberschriften der senkrechten Columnen angeben. Tritt z. B. die Sonne in den ♌ oder in die ♊, so ist die Tageslänge unter 10° süd. Br. = 11 St. 30 Min., unter 20° s. B. = 10 St. 58 M., unter $23\frac{1}{2}$° s. B. = 10 St. 46 M. u. s. w. Eben diese Zahlen geben alsdann die Nachtlängen für eben so viel Grade nördlicher Breite an. Tritt die Sonne links in die Zeichen der rechten, oder rechts in die Zeichen der linken Columne, so zeigt die Ueberschrift nördlich an, daß die angegebenen Tageslängen für so viel Grade nördlicher Breite gelten, als die Ueberschriften angeben. Tritt z. B. die Sonne in den ♉ oder in die ♍, so ist die Tageslänge unter 10° nörd. B. = 12 St. 16 M., unter 20° = 12 St. 34 M., unter $23\frac{1}{2}$° = 12 St. 40 M., unter 30° = 12 St. 54 M. u. s. w. Umgekehrt bezeichnen eben diese Zahlen die alsdann Statt findenden Nachtlängen für eben so viel Grade südlicher Breite. Auch zeigt diese Tafel die Uebereinstimmung der Tages- und Nachtlängen für gleiche Breitengrade auf beiden Seiten des Aequators. Unter 50° südl. und nördl. Br. z. B. ist der Tag 10 St. 8 M. lang für die erstere, wenn die Sonne in die ♍ oder den ♉, für die letztere, wenn sie in die ♓ oder den ♏ tritt. Umgekehrt ist obige Zeit für 50° südl. Br. die Nachtlänge, wenn die Sonne in die ♓ oder den ♏ und für 50° nördl. Br. die Nachtlänge, wenn sie in den ♉ oder die ♍ tritt.

Folgende Tabelle zeigt die Tageslänge in den kalten Zonen für verschiedene Breiten und Declinationen der Sonne an. Sie bedarf keiner weitern Erläuterung.

Declination der Sonne für die nördliche kalte Zone.		$66\frac{1}{2}°$	$70°$	$75°$	$80°$	$85°$	$90°$	Declination der Sonne für die südliche kalte Zone.	
Südlich	$23\frac{1}{2}°$	0St. 0M.	☉ u. d. Hor.	☉ unt. dem Horizont	☉ unter dem Horizont	☉ unter dem Horizont	☉ ist 6 Monat unter dem Horizont	$23\frac{1}{2}°$	Nördlich
	20	4 26	0S. 0M.	0S. 0M.	0S. 0M.	0S. 0M.		20	
	15	6 56	5 40					15	
	10	8 48	8 8	6 30				10	
	5	10 28	10 8	9 28	8 2			5	
	0	12 0	12 0	12 0	12 0	12 0		0	
Nördlich	5	13 32	13 52	14 32	15 58			5	Südlich
	10	15 12	15 52	17 30				10	
	15	17 4	18 20					15	
	20	19 34	2 Monate und 3 Tage	3 Monat u. 12 Tage	4 Monat u. 12 Tage	5 Monat und 7 Tage	6 Monate	20	
	$23\frac{1}{2}$	24 0						$23\frac{1}{2}°$	

Am Ende dieses Theiles finden die Leser noch eine große Tabelle in Beziehung auf die Lage der Auf= und Untergangspunkte der Sonne am Horizont. Sie zeigt in zwei Hauptabtheilungen die Morgen= und Abendweite der Sonne bei ihrem Auf= und Untergange, ihr Azimuth und die Weltgegend an, wo sie über den Horizont tritt, oder unter denselben sich hinabsenkt, und zwar dies alles für die Breitengrade vom Aequator bis zum Polarzirkel, wo der beständige Tag und die beständige Nacht beginnt. Die Declination der Sonne ist von 2 zu 2 Grad angegeben, die Breite aber von 10 zu 10 Graden, um nicht die Tabelle zu weitläufig zu machen. Für die zwischenfallenden Grade der Breite und Declination läßt sich der Abstand der Sonne vom Ost= und Westpunkte wenigstens ungefähr aus der Tabelle leicht berechnen. Genau findet sich dieser Abstand, wenn man den Sinus der Declination der Sonne durch den Sinus der Höhe des Aequators an einem gegebenen Orte dividirt; was herauskommt, ist der Sinus der Morgen= oder Abendweite, den man in den trigonometrischen Tafeln aufschlägt, um die Morgen= und Abendweite selbst aufzufinden. Die Tabelle zeigt uns also, daß z. B. unter 50° Breite, mag sie nun nördlich oder südlich sein, der Abstand der auf= oder untergehenden Sonne vom wahren Ost= oder Westpunkte bei $23\frac{1}{2}°$ Declination, also wenn sie im Wendekreise des Krebses oder Steinbocks steht, 38 Grad 21 Minuten beträgt. Für den Wendekreis des Krebses ist dieser Abstand nördlich, für den des Steinbocks südlich; im erstern Falle ist ihr Azimuth oder ihr Abstand vom wahren Südpunkte $90° + 38° 21' = 128° 21'$, im letztern aber $90° - 38° 21' = 51° 39'$; ihr Aufgang fällt, wenn die Declination nördlich ist, zwischen Nord=Ost=$\frac{1}{4}$Ost und Nordost, denn Nord=Ost=$\frac{1}{4}$Ost steht $33\frac{3}{4}$ Grade vom Ostpunkte ab und Nord=Ost 45 Grade, also ziemlich in die Mitte zwischen beide Weltgegenden. Ihr Untergang ist ungefähr in der Mitte zwischen Nord=West=$\frac{1}{4}$West und Nord=West; ist aber die Declination südlich, so fällt ihr Aufgang ungefähr in die Mitte zwischen Süd=Ost=$\frac{1}{4}$Ost und Südost, und ihr Untergang zwischen Süd=West=$\frac{1}{4}$West und Südwest. Man sieht zugleich, wie in den ersten 10 Graden der Breite der Unterschied der Morgen= und Abendweiten noch sehr unbeträchtlich ist, z. B. bei $23\frac{1}{2}°$ Declination nur 22 Minuten beträgt, dann aber immer mehr wächst,

bis 20 Grade um 1° 15′, bis 30° um 2° 18′, bis 40° um 3° 58′ u. s. w.

§. 113.

In Beziehung auf die verschiedene Lage der Oerter nach ihrer Länge und Breite bekommen die Bewohner derselben verschiedene Namen. Solche, die gerade senkrecht unter uns wohnen, also um den Durchmesser der Kugel, folglich nach allen Richtungen 180° von uns abstehen, so daß ihr Zenith unser Nadir und ihr Nadir unser Zenith ist, heißen Gegenfüßler oder Antipoden, weil ihre Füße gegen uns gekehrt sind. Sie sind von uns 180° in der Länge unterschieden, haben daher entgegengesetzte Tageszeiten, Mitternacht, Morgen, Mittag, Abend, wenn wir Mittag, Abend, Mitternacht, Morgen haben. Ihre Breite beträgt eben so viel Grade südlich, als wir nördlich haben, und umgekehrt; daher haben sie auch entgegengesetzte Jahreszeiten, Sommer, Herbst, Winter, Frühling, wenn wir Winter, Frühling, Sommer, Herbst haben. Wenn wir die Sonne Mittags beständig gegen Süden sehen, so sehen sie dieselbe beständig gegen Norden, und um so viel Grade, als bei uns der Nordpol über dem Horizont steht, um so viel steht bei ihnen der Südpol über dem Horizont, und Sterne, die uns nicht untergehen, gehen bei ihnen nicht auf, und umgekehrt. In Fig. 84. sind g, h, i, k, l u. s. w. die Antipoden von a, b, c, d, e u. s. w., und umgekehrt. Diejenigen, welche mit uns unter einerlei Meridian wohnen, also einerlei Länge haben, aber in der Breite uns entgegengesetzt sind, d. h. eben so viel Grade südlicher Breite, als wir nördliche haben, heißen unsere Gegenwohner (Antoeci); sie haben mit uns einerlei Tages-, aber entgegengesetzte Jahreszeiten. Diejenigen endlich, welche mit uns unter einerlei Parallelkreis wohnen, also z. B. eben so viel Grade nördlicher Breite haben, als wir, aber in der Länge von uns um 180° verschieden sind, also in der entgegengesetzten Hälfte unsers Meridians sich befinden, heißen unsere Nebenwohner (Perioeci). Sie haben mit uns einerlei Jahres-, aber entgegengesetzte Tageszeiten. Unter dem Aequator gibt es keine Gegenwohner, sondern nur Nebenwohner und diese sind zugleich Antipoden. Unter den Polen dagegen giebt es keine Nebenwohner, sondern nur Ge-

genwohner, und diese fallen mit den Antipoden zusammen. Hat ein Ort z. B. 52° nördliche Breite und 31° Länge, so befinden sich seine Antipoden unter 52° südlicher Breite und 211° Länge, seine Gegenwohner unter 31° Länge und 52° südlicher Breite und seine Nebenwohner unter 211° Länge und 52° nördlicher Breite.

§. 114.

In der 92sten Figur wollen wir noch zu zeigen suchen, wie die Abwechslung der Jahreszeiten eine Folge der durch die Schiefe der Ekliptik verursachten verschiedenen Stellungen des Aequators der Erde gegen die Sonne während der Dauer des jährlichen Umlaufs sei. Da die Pole der Erde immer nach einerlei Fixstern gerichtet sind, so bleibt sich die Erdaxe immer parallel. Wo also auch die Erde in ihrer Bahn sich befindet, ist immer ns parallel mit ns. In S steht die Sonne, die Horizontallinie durch dieselbe ist der Durchmesser der Erdbahn, von dem ersten Punkte des Krebses bis zum ersten Punkte des Steinbocks gezogen. Da, wo er die Erde trifft, bezeichnet er die Punkte derselben, welche, wann die Sonne in jene Zeichen tritt, dieselbe gerade senkrecht über sich erblicken. Steht nun die Erde in I, so ist die Sonne gerade über dem Aequator senkrecht, erleuchtet die halbe Erde von einem Pole bis zum andern und macht überall Tag und Nacht gleich. Die Zeichnung ist so gemacht, daß der Zuschauer außerhalb der Erdbahn gedacht wird. Er erblickt also in I bloß die Schattenseite der Erde, die hintere erleuchtete Hälfte ist der Sonne zugekehrt. Bezeichnet nun I den Stand der Erde im Zeichen der ♎, so daß sie die Sonne im ♈ erblickt, so haben wir bei uns Frühling und es ist der 21ste März. Nach $1\frac{1}{2}$ Monat kommt die Erde nach II, der Beobachter erblickt schon einen Theil ihrer erleuchteten Halbkugel und die Lichtgrenze geht etwas über den Nordpol hinaus bis l., erreicht aber nicht mehr den Südpol, sondern erstreckt sich nur bis m. Es ist daher ein Theil des nördlichen kalten Erdstrichs beständig erleuchtet; denn während der Rotation der Erde um ihre Axe bleibt nl immer in der Lichtseite, auf eben die Art aber liegt auch die Gegend Sm um den Südpol beständig in der Nachtseite. Die Erde steht jetzt zwischen ♏ und ♐ und sieht die Sonne zwischen ♉ und ♊; ein Parallel zwischen

q und d hat die Sonne senkrecht über sich. — Nach neuen $1\frac{1}{2}$ Monaten kommt die Erde nach III. oder in das Zeichen des ♎ und sieht also die Sonne im ♋. Diese steht jetzt senkrecht über dem Wendekreis des Krebses bd und die Erleuchtungsgrenze geht über den Nordpol n hinaus bis zum entgegengesetzten Ende g des Polarkreises; gegen Süden aber reicht sie nur bis an das diesseitige Ende k des südlichen Polarkreises. Es ist also der ganze kalte nördliche Erdstrich erleuchtet und bei der täglichen Rotation bleibt jeder Punkt desselben in der Lichtseite. Dagegen ist im ganzen kalten südlichen Erdstriche beständige Nacht, weil kein Punkt desselben durch die Rotation in die Lichthälfte kommen kann. In der nördlichen Halbkugel ist daher Sommer, in der südlichen Winter. In II. sah der Beobachter nur ein sichelförmiges Stück der erleuchteten Halbkugel, in III. sieht er die ganze Hälfte derselben und die Erleuchtungsgrenze gk erscheint als gerade Linie. — Im Anfange des August kommt die Erde nach IV. und steht zwischen ♒ und ♌, sieht aber die Sonne zwischen ♌ und ♒. Die Nachtgrenze hat sich schon wieder dem Nordpol genähert, indem sie von g bis l vorgerückt, dagegen ist aber auch die Lichtgrenze dem Südpole näher gekommen, nämlich von k nach m gegangen. Im nördlichen kalten Erdstrich hat also nur noch die Gegend um den Pol von n nach l beständigen Tag, und am Südpol nur noch die Gegend von s bis m beständige Nacht. Die Sonne steht jetzt über einem Punkt zwischen d und a senkrecht und der außerhalb befindliche Beobachter erblickt den größten Theil der erleuchteten Halbkugel. Kommt die Erde den 23sten Septbr. nach V., so erblickt sie die Sonne in der ♎, sie selbst aber steht im ♈. Die Sonne ist über dem Aequator senkrecht und die Erleuchtungsgrenze geht gerade von einem Pole zum andern; es ist also Tag- und und Nachtgleiche und in der nördlichen Halbkugel hat der Herbst, in der südlichen der Frühling begonnen. Der Beobachter erblickt die ihm entgegenstehende helle Seite der Erde und von der dunkeln gar nichts. Im Anfange des November befindet sich die Erde zwischen ♉ und ♊ und sieht die Sonne zwischen ♏ und ♐. Die Erleuchtungsgrenze geht über den Südpol hinaus bis m, so daß in dem ganzen Segment, dessen halber Bogen sm ist, der beständige Tag herrscht; dagegen hat am Nordpole in dem Rau-

me bis l schon die beständige Nacht angefangen. Die Sonne steht senkrecht über einem Punkt zwischen b und e; die südliche Halbkugel nähert sich dem Sommer, die nördliche dem Winter. Der Beobachter sieht noch den größten Theil der erleuchteten Halbkugel, aber den entgegengesetzten von IV. Den 21sten Decbr. kommt die Erde nach VII., steht selbst im ♋, sieht aber die Sonne im ♑. Diese steht über dem südlichen Wendekreis ef senkrecht, und der ganze kalte südliche Erdstrich liegt in der erleuchteten Halbkugel, der ganze nördliche aber in der Nachtseite, weil die Erleuchtungsgrenze durch die Endpunkte g und k der Polarkreise geht. Es ist also in der südlichen Halbkugel Sommer, in der nördlichen Winter. Der Beobachter erblickt wieder die Hälfte der erleuchteten Halbkugel, aber entgegengesetzt von III. und die Erleuchtungsgrenze ist eine gerade Linie. Im Anfange des Februar kommt die Erde nach VIII., steht zwischen ♌ und ♏ und sieht die Sonne zwischen ♒ und ♓. Die Lichtgrenze nähert sich in l wieder dem Nordpole und die Nachtgrenze in m dem Südpole, so daß nur noch der Raum von s bis m beständigen Tag hat. Die Sonne steht über einem Punkt zwischen e und a senkrecht; die südliche Halbkugel nähert sich also dem Herbste, die nördliche dem Frühlinge. Der Zuschauer sieht von der erleuchteten Halbkugel nur ein sichelförmiges Stück, aber entgegengesetzt von II. Ist endlich die Erde den 21sten März wieder in I. angelangt, so ist ihr Umlauf vollendet und der Kreis der vorigen Erscheinungen beginnt aufs Neue. Endlich sieht man auch in unserer Figur deutlich, warum in den Stellungen der Erde in II, III, IV, VI, VII, VIII. eine Ungleichheit der Tage und Nächte in den Gegenden außerhalb des Aequators Statt finden müsse, weil bei der täglichen Umwälzung um die Axe ungleiche Stücke der Parallelkreise durch die Tag- und Nachtseite der Erde sich bewegen. Kaum ist es wohl nöthig, zu erinnern, daß die Bahn der Erde nicht so länglich sei, wie die Figur sie darstellt. Diese zeigt sie, wie sie dem Zuschauer perspektivisch sich darstellt; in der Wirklichkeit weicht sie weit weniger vom Kreise ab.

§. 115.

Wir haben im vorigen §. angenommen, daß die Sonne immer genau die Hälfte der Erde erleuchte. Im strengsten

Sinne ist dies nicht richtig. Wollen wir nämlich beurtheilen, wie eine dunkle Kugel von einer hellen erleuchtet werde, so müssen wir auf das Verhältniß der Größe beider Kugeln zu einander und auf den Abstand der leuchtenden Rücksicht nehmen. Ist Fig. 93. in C ein leuchtender Punkt, so sind die äußersten, von demselben ausgehenden und die Kugel noch treffenden Strahlen, Tangenten an derselben, nämlich Ca und Cb; was jenseits a und b liegt, bleibt dunkel und von der Oberfläche wird nur ein Segment erleuchtet, dessen Größe der Bogen ahb bestimmt, der aber kleiner als der Halbkreis dhe ist. Ist der leuchtende Punkt entfernter, z. B. in E, so sind die äußersten Lichtstrahlen, welche die Kugel noch treffen, die Tangenten Ef und Eg, und das erleuchtete Stück fhg ist größer als vorher, aber noch kleiner als der Halbkreis dhe. Mit der Entfernung des leuchtenden Punktes wächst also die Größe des erleuchteten Segments, aber erst bei einem unendlich großen Abstande werden die tangirenden Linien Ef und Eg einander parallel werden und die Erleuchtung wird bis d und e sich erstrecken. Dasselbe gilt nicht bloß für einen leuchtenden Punkt, sondern auch für jeden leuchtenden Körper, der kleiner ist als der dunkle. Die Erleuchtungsgrenze wird zwar in diesem Falle sich etwas mehr dem Halbkreise nähern, aber ihn doch auch nicht eher, als bei einem unendlich großen Abstande erreichen. Ist aber Fig. 94. die leuchtende Kugel so groß als die dunkle, so sind die tangirenden Lichtstrahlen dg und eh in jedem Abstande einander parallel, und es wird immer die volle Hälfte der dunkeln Kugel erleuchtet. Ist endlich die leuchtende Kugel größer als die dunkle, so fallen (Fig. 95.) die Berührungspunkte der tangirenden Strahlen Aa und Bb jenseits des Halbkreises dfe und das erleuchtete Stück der Kugel afb ist größer, als die Halbkugel dfe. Die Strahlen Aa und Bb convergiren jetzt nach der Seite des dunkeln Körpers hin; je mehr aber der leuchtende entfernt ist, desto mehr wird diese Convergenz abnehmen und die Richtung der Strahlen sich der parallelen nähern, die Punkte a und b also nach d und e zu rücken. Sonne und Erde stehen in dem letztern Verhältnisse. Jene ist vielmal größer als die Erde, aus diesem Grunde muß sie also die Erde etwas mehr als zur Hälfte erleuchten; wegen ihrer bedeutend großen Entfernung aber wird dieser Ueberschuß

wieder vermindert, so daß wirklich von der Erde nur wenig mehr, als die Hälfte erleuchtet wird.

Achter Abschnitt.

Lehrsätze aus der Physik, um das Zurückwerfen und Brechen der Lichtstrahlen zu erklären. Gesetze über die Stärke der Erleuchtung und die Zurückwerfung des Lichts im Allgemeinen. Von Spiegeln, insbesondere Hohlspiegeln. Brechungsgesetze des Lichts. Convex- und Concavgläser. Erklärung des natürlichen Sehens. Das Sehen durch Fernröhre. Farbenzerstreuung des Lichts. Refraction des Lichts der Himmelskörper. Verbesserung der gefundenen Polhöhe. Erklärung verschiedener durch die Strahlenbrechung bewirkter Erscheinungen. Dämmerung. Scheinbare Gestalt des Himmels. Warum Sonne und Mond am Horizont größer und die Sterne weiter von einander entfernt scheinen. Bestimmung der Entfernung der Wolken bei gegebener Höhe derselben.

§. 115.

Ehe wir die Erde verlassen und zur Betrachtung der andern Weltkörper zurückkehren können, müssen wir noch einige Erscheinungen erklären, die ihre Ursachen in dem Umstande finden, daß die Erde mit einer Atmosphäre umgeben ist und daß diese die Eigenschaft hat, das Licht zurückzuwerfen, zu brechen und in Farben zu zerstreuen. Um diese merkwürdige Eigenschaft gründlich darzustellen, werden wir unsere Leser etwas in das Gebiet der Physik führen müssen, und dabei werden wir zugleich Gelegenheit nehmen, die optischen Instrumente zu erklären, deren sich der Sternkundige bedient, um seine Beobachtungen am Himmel anzustellen, und deren Erfindung wir hauptsächlich die großen Entdeckungen zu verdanken haben, welche das 17te und 18te Jahrhundert für alle Zeiten in der Geschichte der Astronomie verewigen werden. Wir wollen zuerst von der Zurückwerfung des Lichts sprechen.

Was das Licht an und für sich sei, wissen wir nicht. Wir können es uns nur als das Mittel denken, wodurch die Gegenstände um uns her von unsrem Sehorgane empfunden werden. Am deutlichsten läßt sich die Art, wie

dies zugehe, so darstellen, daß wir annehmen: von jedem Gegenstande, der uns sichtbar wird, gehen Lichtstrahlen aus, welche das Auge afficiren und so die Erscheinung des Sehens in der Seele bewirken. Die sichtbaren Körper lassen sich in 2 Klassen ordnen, in solche, die vermöge ihrer innern Natur Licht aussenden, oder in selbstleuchtende, wie z. B. die Sonne, glühende Körper, faules Holz, Phosphor, manche thierische Körper u. dgl., und in solche, die uns nur dadurch sichtbar werden, daß Licht von den selbstleuchtenden Körpern auf sie fällt und dann von ihrer Oberfläche wieder zurück in unser Auge geworfen wird. Diese nennt man dunkle Körper, weil sie, wenn ihnen das fremde Licht entzogen wird, uns unsichtbar werden, d. h. nicht mehr geschickt sind, in unserer Seele die Empfindung des Sehens zu erregen. Durch Zurückwerfung des Lichts sehen wir die meisten Körper. Das von der Sonne ausgehende Licht fällt auf den Stein, die Pflanzen u. s. w., die Oberfläche dieser Körper strahlt es wieder zurück und von diesem zurückgeworfenen Lichte wird das Auge afficirt und die Seele bekommt eine Empfindung von der Beschaffenheit dieser Oberfläche. Jeder Punkt des erleuchteten Körpers strahlt das Licht nach allen möglichen Richtungen aus; denn wir können jeden Punkt nach allen möglichen Richtungen sehen, wenn sich nicht etwa zwischen ihm und dem Auge ein anderer Gegenstand befindet, der die Lichtstrahlen verhindert, in dasselbe zu kommen. Dies Gelangen der Lichtstrahlen zum Auge ist nur dann möglich, wenn die gerade Linie vom Auge nach dem leuchtenden Punkte durch kein Hinderniß unterbrochen wird. Solche Körper, welche den Lauf des Lichts unterbrechen und es nicht zum Auge gelangen lassen, heißen undurchsichtige. Es gibt aber auch viele, welche die Lichtstrahlen durchlassen, so daß wir die hinter ihnen befindlichen Körper wahrnehmen können, diese nennt man durchsichtige, wie Luft, Wasser, Glas u. s. w. Insofern von einem leuchtenden Punkte das Licht nach allen Seiten hin ausströmt, kann man sich einen solchen Punkt als den Mittelpunkt einer Lichtkugel denken, deren Halbmesser sich überall hin ins Unendliche erweitert. Auf eine Fläche, also auch auf die Pupille unseres Auges wird ein Theil dieser Lichtradien fallen und diese werden so einen Lichtkegel bilden, dessen Spitze der leuchtende Punkt und dessen Grundfläche

die Fläche, worauf das Licht fällt, also auch die Pupille des Auges ist. Die Axe dieses Kegels ist die gerade Linie, in welche das Auge den Ort des leuchtenden Punktes setzt. Je weiter das Auge von diesem Punkte entfernt ist, desto weniger Lichtstrahlen können in dasselbe kommen, denn da dieselben immer weiter divergiren (aus einander gehen), je länger die Axe des Lichtkegels wird, die Fläche der Pupille aber immer dieselbe bleibt, so müssen dem entfernteren Auge eine Menge Lichtstrahlen vorbeigehen, die in das nähere noch gelangen können; jenes wird also den Punkt weniger deutlich sehen, als dieses. Aber nicht jeder sichtbare Punkt sendet auch gleichviel Licht aus; die Stärke der Sichtbarkeit wird sich also auch nach der Intensität des Lichts richten, d. h. nach der Menge der Lichtstrahlen, die in zwei Lichtkegeln von ganz gleicher Größe enthalten sind. Dieselben Gesetze gelten auch, wenn eine Fläche von einem selbstleuchtenden Punkte erleuchtet wird. Die Stärke der Erleuchtung nimmt alsdann ab, wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, d. h. die doppelt oder dreifach so weit entfernte, wird 4 oder 9 mal weniger erleuchtet, als die Fläche in der einfachen Entfernung. Ist z. B. **C** (Fig. 96.) ein leuchtender Punkt, von dem der Lichtkegel **CBD** ausgeht, und trifft dieser eine Fläche in der Entfernung **AC**, so verbreiten sich die darauf fallenden Lichtstrahlen über den Kreis mit **AB**. Befindet sich nun eben diese Fläche halb so weit von **C** entfernt, nämlich in dem Abstande von **GC**, so wird sie auch von allen den Lichtstrahlen noch getroffen, die in dem ringförmigen Raume zwischen dem kleinen und großen Kreise enthalten sind. Denn die Lichtstrahlen, die auf den Kreis mit **AB** fallen, fallen hier bloß auf den kleinen Kreis mit **Gm**, drängen sich also in einen kleineren Raum zusammen. Da nun die Stärke der Erleuchtung offenbar von der Menge der auffallenden Lichttheile abhängt und auf den Kreis mit **AB** nicht mehr Lichttheile fallen, als auf den Kreis mit **Gm**, so wird sich die Stärke der Erleuchtung des Kreises mit **AB** zu der des gleich großen mit **GE**, wie die Fläche des Kreises mit **GE** zur Fläche des Kreises mit **Gm** verhalten, und da sich Kreisflächen wie die Quadrate ihrer Halbmesser verhalten, so verhält sich auch das Licht auf **AB** zu dem auf **GE**, wie Gm^2 zu GE^2, oder auch wie Gm^2 zu AB^2, da $GE = AB$ ist. Wegen Aehnlichkeit der Dreiecke **BAC** und **mGO** ver-

hält sich aber auch Gm : AB = GC : AC, folglich auch $Gm^2 : AB^2 = GC^2 : AC^2$, also das Licht auf AB zu dem auf GE, wie GC^2 zu AC^2, d. h. das Licht auf gleich großen Flächen in verschiedenen Entfernungen vom strahlenden Punkte steht im umgekehrten Verhältnisse mit dem Quadrate der Entfernungen.

Die Beschaffenheit der Fläche kann aber auch darin noch Veränderungen bewirken; denn nicht alles Licht, was auf eine Fläche strahlt, wird wieder zurückgeworfen, sondern mehr oder weniger von der Fläche eingesaugt. Weiße Körper werfen das meiste, gefärbte weniger, schwarze das wenigste Licht zurück. Auch der Winkel, unter dem das Licht auf eine Fläche fällt, modificirt die Erleuchtung. Ist die Fläche dem strahlenden Punkte senkrecht zugekehrt, so empfängt sie mehr Licht, als wenn sie schief gegen denselben steht, und das Licht wird desto schwächer, je mehr der Winkel vom senkrechten abweicht. Wenn Fig. 97. die Fläche ab die gegen sie parallel und senkrecht fallenden Lichtstrahlen in dem Raume afgb alle erhält, so fallen auf eine eben so große aber schief stehende ac nur so viel Lichtstrahlen, als auf den Raum ad von der senkrechten fallen, und auf die noch schiefere ah nur so viel, als der Raum ae enthält.

§. 116.

Wie das Licht von einer Fläche zurückgeworfen werde, das hängt von der Rauhigkeit und Glattheit der Fläche ab. Die meisten Körper haben eine rauhe, unebene Oberfläche, die das Licht unordentlich zurückwerfen. Eigentlich sollte jeder zurückgeworfene Lichtstrahl das Bild des leuchtenden Punktes in das Auge bringen; aber eine rauhe Fläche besteht aus vielen einzelnen, sehr kleinen Flächen, die unter mancherlei Winkeln gegen einander geneigt sind, also nicht in einerlei Ebene sich befinden, so daß die eine bald höher, bald tiefer als die andere liegt. Dadurch entsteht also ein Durchkreuzen und Verwirren der zurückgeworfenen Lichtstrahlen, so daß das Auge nur den allgemeinen Eindruck von Licht, aber nicht den eines Bildes vom leuchtenden Punkte erhält. Ist aber eine Fläche glatt, so wird jeder Lichtstrahl nach bestimmten Gesetzen zurückgeworfen und darum erblicken wir auf solchen Flächen das Bild des Gegenstandes. Dergleichen Flächen nennt man Spiegel und

mit ihnen beschäftigt sich ausschließend die Lehre von der Zurückwerfung (Zurückstrahlung, Reflexion) der Lichtstrahlen. Die Gesetze derselben kommen mit den Gesetzen für das Zurückspringen elastischer Körper überein, daher man dem Lichte die Eigenschaft der Elasticität zuschreiben könnte. Es gehören dazu folgende:

1) Der Zurückstrahlungswinkel ist immer gleich dem Einfallswinkel. Es sei Fig. 98. **AB** eine Zurückstrahlungsfläche. Der auffallende Lichtstrahl sei **DC**, so ist **CE** der zurückgeworfene. Zieht man nämlich nach dem Punkte **C**, wo der auffallende Strahl die Fläche trifft, eine Linie **FC** senkrecht auf diesen Theil der Fläche, so hat der reflectirte Strahl **CF** eine solche Lage, daß er mit **FC** eben den Winkel macht, welchen der auffallende Strahl **DC** mit derselben machte, also Winkel **ECF = DCF**. Man nennt **FC** das Einfallsloth, **DCF** den Einfallswinkel, **FCE** den Zurückstrahlungs- oder Reflexionswinkel.

2) Der auffallende Strahl **DC**, das Einfallsloth **FC** und der reflectirte Strahl **CE** liegen immer in einer Ebene (der Zurückstrahlungsebene), und diese Ebene ist auf die zurückstrahlende Fläche senkrecht, weil **FC**, das in derselben liegt, auf dieselbe senkrecht ist.

3) Fällt ein Lichtstrahl auf die reflectirende Fläche selbst senkrecht, so wird er senkrecht, d. h. in sich selbst zurückgeworfen, denn sein Einfallswinkel ist = 0, folglich auch sein Reflexionswinkel, und darum sein Rückweg einerlei mit der Linie, in der er sich zur reflectirenden Fläche bewegte. Darum sieht man sich in einem Spiegel nur, wenn man gerade davor steht, einen andern Gegenstand **D** aber sieht man im Spiegel, wenn sich das Auge auf der andern Seite in **E** befindet.

4) Spiegelnde Flächen können entweder eben (gemeine Spiegel, ein ruhig stehendes Wasser), oder gekrümmt sein; im letztern Falle sind sie entweder erhaben (konvex), oder hohl (konkav) und in beiden Fällen ist die Krümmung entweder kugelförmig, oder elliptisch, oder parabolisch, oder konisch (kegelförmig), oder zylindrisch (walzenförmig), oder hyperbolisch. Hier kann uns besonders die Zurückstrahlung des Lichts von ebenen oder sphä-

risch gekrümmten Flächen interessiren; darüber wollen wir also die Hauptsätze aus der Physik entlehnen.

§. 117.

Aus jedem Punkte des vor dem ebenen Spiegel befindlichen Gegenstandes fallen unzählig viele Strahlen auf den Spiegel und diese werden alle so zurückgeworfen, daß sie wieder aus einem Punkte zu kommen scheinen, der eben so weit hinter dem Spiegel liegt, als der leuchtende Punkt vor demselben. Es sei Fig. 99. **AH** ein ebener Spiegel. Von den vom Punkte **C** auf den Spiegel fallenden Strahlen sind 3 gezeichnet, der senkrechte **CL**, und die schiefen **CB** und **CE**. Der Strahl **CL** wird in sich selbst zurückgeworfen; bei den schiefen Strahlen aber sind **BI** und **EK** die Einfallslothe, also **BF** und **EG** die reflectirten Strahlen. Wenn man nun diese rückwärts verlängert, so vereinigen sie sich hinter dem Spiegel in einem Punkte **D**, der zugleich auch in dem verlängerten senkrechten Strahle **CD** liegen muß, der in sich selbst zurückgeworfen wird. In diesem Punkte **D**, wo alle von **C** ausgehende Strahlen sich wieder vereinigen, muß also das Bild von **C** liegen und es läßt sich beweisen, daß er eben so weit hinter dem Spiegel sich befinde, als **C** vor demselben. Denn es muß **CL = LD** sein, weil die Dreiecke **DLB** und **CLB** sich decken, da **LB** beiden gemeinschaftlich, der Winkel **CLB = DLB** als rechter Winkel und **LBC = LBD** ist. Das Bild in **D** liegt also eben so weit hinter dem Spiegel, als **C** vor demselben. Es ist aber kein wirkliches, physisches Bild, weil es nicht durch wirkliche Vereinigung der Strahlen entsteht, sondern nur ein eingebildetes, oder, wie man sich ausdrückt, ein geometrisches Bild, weil es sich nur, wie in der Figur, in einer geometrischen Zeichnung, aber nicht in der Wirklichkeit darstellen läßt. Ein Auge in **O** sieht dieses Bild durch die reflectirten Strahlen **BF** und **EG**. Da nun unzählige Strahlen von **C** aus auf den Spiegel fallen, deren jeder nach andern Punkten hin reflectirt wird, so können unzählige Augen das Bild im Spiegel sehen, jedes dasselbe Bild, aber durch andere Strahlen. Denkt man sich nun statt eines Punktes **C** einen Gegenstand, z. B. eine Blume, so werden von jedem Punkte derselben Strahlen auf den Spiegel geworfen, jeder dieser Strahlen wird nach dem obigen Gesetze

reflectirt, was also parallel ist, bleibt parallel, was sich unter gewissen Winkeln gegen einander neigt, neigt sich hinter dem Spiegel auch unter den nämlichen Winkeln gegen einander; so muß also hinter dem Spiegel ein ganz vollkommenes Bild der Blume erscheinen, das eben die Größe, Gestalt, Lage, Farben u. s. w. hat.

Bei gekrümmten Spiegeln gelten dieselben Gesetze, die nur dadurch modificirt werden, daß die Einfallslothe nicht einander parallel sind, wie bei ebenen Spiegeln. Wir wollen zuerst sphärische Hohlspiegel betrachten. Eine Linie vom Mittelpunkte der Kugel, nach der die hohle Krümmung des Spiegels geschliffen ist, steht jedesmal senkrecht auf die Krümmung und ist also das Einfallsloth. Geht eine solche Linie zugleich durch die Mitte des Spiegels selbst, so heißt sie die Axe desselben. Es sei Figur 100. **AB** der Durchschnitt eines Hohlspiegels, **C** der Mittelpunkt seiner Krümmung, **CG** die Axe. Fallen nun Strahlen parallel mit der Axe auf den Spiegel, wie **SD**, **SE**, so werden diese so zurückgeworfen, daß sie die Axe in einem Punkte schneiden, z. B. in **F**, denn **CD** und **CE** sind die Einfallslothe und folglich **FD** und **FE** die reflectirten Strahlen. Sind die einfallenden Strahlen zugleich der Axe sehr nahe, so kommen die reflectirten Strahlen beinahe in einem einzigen Punkte **F** zusammen, den man daher den Brennpunkt zu nennen pflegt, weil in demselben, wenn Sonnenstrahlen sich darin sammeln, eine große Hitze erregt wird. Die Entfernung dieses Punktes von dem Spiegel heißt die Brennweite, also **FG**. Für sehr nahe Strahlen ist diese gleich der Hälfte des Halbmessers **GC**, also **FG = FC**. Durch solche Spiegel werden also parallele Strahlen convergent zurückgeworfen. Convergente Strahlen werden daher noch convergenter; was aber aus divergenten Strahlen wird, kommt auf die Entfernung des strahlenden Punktes an. Ist dieser sehr weit, eigentlich unendlich weit, entfernt, so kann man die ausgehenden divergenten Strahlen als parallel ansehen; sie werden also wieder im Brennpunkte vereinigt. Dies ist der Fall für alle Strahlen, die von der Sonne und den Sternen ausgehen. Kommt der leuchtende Punkt dem Spiegel näher, so daß man die ausgehenden Strahlen nicht mehr als parallel ansehen kann, so steht der Vereinigungspunkt weiter vom Spiegel ab, als der Brennpunkt,

und zwar immer weiter, je mehr sich der leuchtende Punkt nähert. Kommt dieser in den Mittelpunkt **C** selbst, so fallen die Strahlen senkrecht auf den Spiegel, werden also in sich selbst zurückgeworfen und im Mittelpunkte wieder vereinigt. Nähert sich nun der leuchtende Punkt noch mehr, so fällt der Vereinigungspunkt der reflectirten Strahlen jenseits des Mittelpunkts und zwar desto weiter, je näher der leuchtende Punkt dem Spiegel steht. Rückt dieser endlich gar in den Brennpunkt, so sind die reflectirten Strahlen einander parallel; denn wenn **FD** und **FE** die einfallenden Strahlen sind, so müssen nothwendig **DS** und **ES** die reflectirten sein. In diesem Falle gibt es also gar keinen Vereinigungspunkt. Befindet sich endlich der leuchtende Punkt zwischen dem Brennpunkte und dem Spiegel, so werden die divergenten Strahlen auch divergent zurückgeworfen; ihr Vereinigungspunkt fällt also rückwärts hinter den Spiegel, wie es bei ebenen Spiegeln der Fall war. Diese verschiedenen Fälle erläutern die Figuren 101., 102, 103. Der leuchtende Punkt ist in allen der Punkt **H**, also **HD** und **HE** die ausgehenden divergenten Strahlen, **CD** und **CE** die Einfallslothe und **F** der Brennpunkt. In Fig. 101. liegt **H** weiter vom Spiegel, als der Mittelpunkt, aber nicht unendlich weit, die reflectirten Strahlen **DI** und **EI** kommen also in einem Punkte **I** zwischen dem Brennpunkte und Mittelpunkte zusammen. Wäre der leuchtende Punkt in **C** selbst, so wären **CD** und **CE** die einfallenden, aber auch zugleich die reflectirten Strahlen und ihr Vereinigungspunkt wieder in **C**. In Fig. 102. fällt der leuchtende Punkt **H** zwischen den Mittel- und Brennpunkt, **DI** und **EI** sind die reflectirten Strahlen, ihr Vereinigungspunkt also weiter vom Spiegel, als der Mittelpunkt. In Fig. 103. fällt der leuchtende Punkt zwischen Brennpunkt und Spiegel, die reflectirten Strahlen **DK** und **EL** sind divergent, obgleich weniger als die einfallenden. Sie vereinigen sich also erst, wenn sie rückwärts hinter den Spiegel verlängert werden und ihr Vereinigungspunkt ist **I**. Der einfallende Strahl, welcher in der Axe selbst liegt, wie **HG**, wird immer in sich selbst zurückgeworfen, weil die Axe durch den Mittelpunkt **C** geht, also der Strahl senkrecht auf den Spiegel ist; in der Axe liegt also auch allemal der Vereinigungspunkt der Strahlen, in Fig. 103. in ihrer Verlängerung.

§. 118.

Liegt der leuchtende Punkt nicht in der Axe, sondern außerhalb, so fällt auch der Vereinigungspunkt außerhalb, und zwar immer an der entgegengesetzten Seite. Ist z. B. Fig. 104. der leuchtende Punkt in **H**, so ist der Vereinigungspunkt an der entgegengesetzten Seite der Axe in **I**. Man kann sich immer von dem leuchtenden Punkte eine Linie durch den Mittelpunkt bis an den Spiegel denken und diesen also, wenn die Linie, wie in Fig. 104., den wirklichen Spiegel nicht trifft, sich erweitert vorstellen, so ist eine jede solche Linie senkrecht auf die Krümmung des Spiegels und kann auch als eine Axe angesehen werden, und in dieser Axe liegt dann der Vereinigungspunkt. Da von dem leuchtenden Punkte Strahlen nach allen Richtungen ausgehen, so geht auch ein Strahl in der Richtung dieser Axe **HI**; dieser wird, wenn er den Spiegel trifft, in sich selbst zurückgeworfen, und heißt gewöhnlich der Hauptstrahl, weil in ihm der Vereinigungspunkt aller andern Strahlen ist.

In dem Vereinigungspunkte der Strahlen muß nun ein Bild des leuchtenden Punktes entstehen. Die reflectirten Strahlen gehen nämlich hinter dem Vereinigungspunkte wieder aus einander, wie **IK**, **IL** (Fig. 104.), und treffen nun diese divergirenden Strahlen ein Auge in **O**, so sieht dieses in **I** ein Bild des Punktes **H**. Es ist nun eben so gut, als ob **H** selbst in **I** wäre und durch die Strahlen **IK** und **IL** das Auge rührte. Das Bild ist also ein wirkliches, physisches Bild, und man kann es vermittelst einer weißen Fläche, oder auf andere Art, auffangen und sichtbar machen. Vereinigen sich die reflectirten Strahlen hinter dem Spiegel, so erscheint auch daselbst das Bild und man sieht es Figur 103. durch die divergirenden Strahlen **DK** und **EL**, es ist aber nur ein geometrisches Bild.

§. 119.

Was die Lage und Größe des Bildes betrifft, so ist darüber Folgendes zu bemerken: 1) Ist der Gegenstand in großer Entfernung von dem Spiegel, so erscheint das Bild in der Gegend des Brennpunkts kleiner als der Gegenstand, und umgekehrt. Je näher aber der Gegenstand dem Mittelpunkte der Spiegelkrümmung kommt, desto mehr rückt das Bild vom Brennpunkte nach dem Mittelpunkte zu

und wird größer, bleibt aber so lange kleiner als der Gegenstand, bis dieser in den Mittelpunkt selbst kommt, wo das Bild mit demselben zusammenfällt und die nämliche Größe hat. Rückt nun der Gegenstand vom Mittelpunkte nach dem Brennpunkte zu, so erscheint das Bild weiter vom Spiegel als der Mittelpunkt und zwar umgekehrt und vergrößert. Gelangt der Gegenstand in den Brennpunkt selbst, so werden alle Strahlen parallel zurückgeworfen und es entsteht gar kein Bild; steht aber derselbe zwischen Brennpunkt und Spiegel, so entsteht ein geometrisches Bild hinter dem Spiegel, aufrecht und vergrößert und zwar desto größer, je näher sich noch der Gegenstand dem Brennpunkte befindet. Alles dies erläutern die Figuren 105. 106. 107. Man findet nämlich durch Zeichnung sehr leicht den Ort des Bildes, wenn man von dem leuchtenden Punkte **A** oder **B** durch den Mittelpunkt der Krümmung **C** eine gerade Linie, also den Hauptstrahl zieht, dann aber einen Strahl von **A** oder **B** parallel mit der Axe nach dem Spiegel, also **AD** und **BE**. Die von **D** und **E** zurückgeworfenen Strahlen gehen nun durch den Brennpunkt. Man ziehe also von den Einfallspunkten **D** und **E** durch den Brennpunkt gerade Linien; wo diese vor oder hinter dem Spiegel den Hauptstrahl schneiden, also in **a** und **b**, da ist das Bild der Punkte **A** und **B** und wenn dies die Grenzpunkte sind, zwischen ihnen der ganze Gegenstand. In Fig. 105. erscheint derselbe verkehrt und verkleinert vor dem Spiegel, Fig. 106. verkehrt und vergrößert vor dem Spiegel, und Fig. 107. aufrecht und vergrößert hinter dem Spiegel. In allen drei Figuren ist das Bild mit **ab** bezeichnet.

§. 120.

Außer der Zurückwerfung der Lichtstrahlen ist auch die Brechung derselben in durchsichtigen Materien zu bemerken, weil dadurch eine Menge Erscheinungen am Himmel erklärt werden. So lange das Licht in einem durchsichtigen Mittel von einerlei Dichtigkeit bleibt, so lange behält es auch seine geradlinichte Bewegung. Sobald es aber in ein durchsichtiges Mittel von verschiedener Dichtigkeit übergeht, wird es an der Scheidungsfläche zwischen beiden Mitteln von seinem geraden Wege abgelenkt und in eine andere Richtung gebracht, die es so lange beibehält, als es in diesem Mittel

bleibt. Diese Erscheinung nennt man das Brechen der Lichtstrahlen. Es liege z. B. ein Stein im Wasser. So lange die von demselben ausgehenden Strahlen im Wasser bleiben, sind sie geradlinicht, sobald sie aber an die Oberfläche des Wassers kommen und nun in Luft übergehen, so weichen sie von ihrer vorigen Richtung ab und nehmen eine andere an, behalten aber diese neue Richtung so lange bei, als sie sich durch einen Luftraum von einerlei Dichtigkeit bewegen. Hält man einen Stab mit dem einen Ende in Wasser, so erscheint derselbe da, wo er in die Flüssigkeit eintritt, gebrochen, weil die von dem im Wasser befindlichen Theile des Stabes ausgehenden Lichtstrahlen anders ins Auge kommen, als die, welche das in der Luft befindliche Ende uns zusendet. Dieses Phänomen des Brechens der Lichtstrahlen findet aber nur dann Statt, wenn der aus dem einen durchsichtigen Mittel in das andere übergehende Strahl mit der Oberfläche des letztern am Berührungspunkte einen schiefen Winkel macht; ist dieser Winkel ein rechter, d. h. ist der Strahl senkrecht auf die Oberfläche des zweiten durchsichtigen Mittels, so geht er ungebrochen durch und behält also seine anfängliche Richtung vollkommen bei. Nach diesen Vorerinnerungen wird sich die Erscheinung des Brechens aus Fig. 108. vollkommen erklären. Es sei **AMBN** der Durchschnitt einer Glastafel nach ihrer Dicke. Fällt nun ein Lichtstrahl **ED** so auf diese Tafel, daß er mit **AN**, dem Durchschnitte ihrer ebenen Fläche, rechte Winkel **EDA** = **EDN** macht, also senkrecht auf **AN** steht, so geht er ungebrochen durch nach **e** und behält vollkommen seine Richtung **ED** bei. Fällt aber ein Lichtstrahl **CD** schief auf die Fläche **AN**, so daß **CDA** nicht gleich **CDN** ist, so wird derselbe auf folgende Art gebrochen. Der einfallende Strahl **CD** würde ohne Glas in seiner ursprünglichen Richtung nach **G** fortgehen. Denkt man sich nun im Punkte **D** eine Linie **ED** senkrecht auf die brechende Fläche **AN** gezogen, so heißt der Winkel **CDE**, welchen der einfallende Strahl mit jener senkrechten, die das Einfallsloth genannt wird, bildet, der Einfallswinkel. Verlängert man **CD** nach **G** und **ED** nach **O**, so ist der Winkel **ODG** als Scheitelwinkel = **CDE**. Wenn nun der Lichtstrahl aus einem dünnern Mittel in ein dichteres übergeht, wie z. B. aus Luft in Glas, so wird er nach dem Einfallslothe zu gebrochen, d. h. der Winkel,

welchen der gebrochene Strahl mit dem Einfallslothe **DO** macht, oder der Brechungswinkel, ist kleiner als der Einfallswinkel. Geht nun der Lichtstrahl aus Luft in Glas, so findet man den Brechungswinkel, wenn man von einem Punkte g des verlängerten einfallenden Strahls eine senkrechte Linie ge auf das Einfallsloth **EO** zieht, diese in 3 gleiche Theile und dem Brechungswinkel von e aus 2 solcher Theile giebt, so daß sich **eF** zu **eg** wie 2 zu 3 verhält. Alsdann ist **DF** der gebrochene Strahl, so lange derselbe im Glase bleibt. Es hat nämlich die Beobachtung gelehrt, daß bei dem Uebergange aus Luft in Glas der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels sich wie 3 zu 2 verhält, und in der Fig. ist ge der Sinus des Einfalls- u. **Fe** der Sinus des Brechungswinkels; s. §. 15. Nr. 2. So wie nun der Strahl in **F** anlangt, geht er wieder in Luft, also aus dem dichtern in das dünnere Mittel über, wird also aufs Neue, aber jetzt nach einem andern Gesetze gebrochen. Es ist nun **DF** der einfallende Strahl, **FH** seine Verlängerung, **FK** das Einfallsloth, **KFH** der Einfallswinkel. Nun lehrt die Erfahrung, daß, wenn das Licht aus einem dichtern Mittel in ein dünneres übergeht, der Strahl vom Einfallslothe ab gebrochen werde, und zwar um eben so viel, als er vorher demselben zugebrochen wurde. Geht also der Strahl aus Glas in Luft, so muß sich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels wie 2 zu 3 verhalten. Ist also in der Figur der Sinus des Einfallswinkels **KFH** = **ab**, so theile man diese Linie in 2 gleiche Theile, verlängere sie über **b** hinaus und mache die Verlängerung **bc** = $\frac{1}{2}$ **ab**, so enthält **ac** drei und **ab** zwei Theile, und eine Linie von **F** durch **c** muß also der aufs Neue gebrochene Strahl **FI** sein, welcher, wenn **AN** parallel mit **BM** ist, mit dem anfänglich einfallenden Strahle **CD** parallel fortgehen wird, weil vermöge des Gesetzes der Winkel **KFI** = **eDg** oder **CDE** ist. Befindet sich nun ein Auge in der Richtung von **FI**, so sieht es den Gegenstand **C** nach der Richtung der Linie **IL**, also nicht an seinem wahren Orte, sondern höher. Zu bemerken aber ist, daß der einfallende Strahl **CD** mit dem gebrochenen **DF** und **FI** immer in einerlei Ebene bleibt. Der Ort des Gegenstandes **C** wird also weder links noch rechts verrückt, sondern nur höher ge-

hoben. Hieraus erklärt sich folgende gemeine Erscheinung, die dem Unkundigen sehr auffällt. Man nehme eine Tasse, auf deren Boden sich eine Blume gemalt befindet, oder man lege in Ermangelung derselben ein Geldstück auf den Boden. Nun richte man das Auge so, daß der Rand der Tasse die Blume oder das Geldstück gerade verdeckt, und gieße dann Wasser in dieselbe, so wird man den ganzen Boden mit der Blume oder dem Geldstücke wieder wahrnehmen, so daß es scheint, als ob der Boden mit dem darauf befindlichen Gegenstande sich empor gehoben hätte. Es sei **ab** Fig. 109. der Boden der Tasse mit dem darauf befindlichen Gegenstande. Einem Auge in **O** wird der Boden der Tasse durch den Rand verdeckt, denn es sieht nur die äußerste linke Grenze des Bodens durch den Strahl **aO**, aber nichts von dem, was rechts von **a** liegt. Gießt man aber Wasser in die Tasse, so wird der von der rechten Bodengrenze **b** ausgehende Lichtstrahl **bc** da, wo er aus dem Wasser in die Luft übergeht, gebrochen und nach der Richtung **cO** in das Auge gebracht. Dieses muß also jetzt alles das sehen, was sich links von **b** befindet, nämlich den ganzen Boden mit dem, was darauf befindlich ist. Ohne diese Brechung im Wasser würde der Lichtstrahl nach **d** gehen und erst ein Auge in **d** den ganzen Boden sehen können.

Besteht das durchsichtige Mittel aus Schichten von verschiedener Dichtigkeit, oder vielmehr nimmt die Dichtigkeit desselben stufenweise und nirgends plötzlich zu, so wird der durchgehende Lichtstrahl unter immer andern und andern Winkeln gebrochen und sein Weg ist eine krumme Linie. Da die Atmosphäre nach der Erde zu immer dichter wird, so findet für Lichtstrahlen, die aus Punkten jenseits derselben herkommen, eine solche Brechung Statt, wie wir weiterhin sehen werden. Indessen richtet sich die brechende Kraft eines Mittels nicht immer nach der Dichtigkeit, sondern es kommt dabei auch auf andere chemische Verhältnisse an. Auch nicht alles einfallende Licht wird in dem durchsichtigen Mittel gebrochen, sondern vieles zurückgeworfen und zwar desto mehr, je schiefer der einfallende Strahl ist, so daß bei sehr schiefen Winkeln, und wenn das Licht aus dem stärker brechenden in das schwächer brechende übergeht, gar kein Durchgang, sondern nur ein Zurückwerfen Statt

findet. Alsdann wirkt der durchsichtige Körper wie eine spiegelnde Fläche.

§. 121.

Die Oberflächen des brechenden Mittels sind entweder eben und in diesem Falle einander entweder parallel oder nicht, oder sie sind gekrümmt und zwar entweder erhaben (conver) oder hohl (concav) gekrümmt. Nur bei ebenen parallelen Flächen ist der ausgehende Strahl dem einfallenden parallel. Sind aber beide Oberflächen gegen einander geneigt, wie z. B. bei einem dreieckigen Prisma, so findet der Parallelismus nicht Statt. Es sei **ABC** (Fig. 110.) der Durchschnitt eines solchen gläsernen Prisma. Der einfallende Strahl ist **DE**, das Einfallsloth **HI**, der Einfallswinkel **IEG**, dessen Sinus **GI**, folglich **EF** der gebrochene Strahl im Glase. Dieser müßte nun nach **L** fortgehen. Das neue Einfallsloth ist **MF**, der neue Einfallswinkel **LFM**, dessen Sinus **LM**, also **FK** der gebrochene Strahl, durch den man den Punkt **D** etwa in **N**, also nicht über, sondern unterhalb **D** sieht. Diese Brechung ist nun zugleich mit Farbenzerstreuung verbunden, von der aber erst unten die Rede sein wird.

Besonders wichtig wird für uns die Brechung in durchsichtigen Körpern mit gekrümmten Oberflächen. Ein Glas, das an einer oder an beiden Oberflächen, mag es nun erhaben oder hohl sein, so gekrümmt ist, daß die Krümmung als der Abschnitt einer Kugel angesehen werden kann, heißt eine Linse. Es gibt also Convex- und Concavlinsen. Die erstern sind (Fig. 111.) entweder convexconvex (ab) oder planconvex (cd), oder convexconcav, so daß aber die convexe Fläche stärker gekrümmt ist, als die concave (ef). Die letztere Art Linsen nennt man auch Monisken. Die Concavlinsen sind entweder concavconcav (gh) oder planconcav (ik) oder concavconvex, so aber, daß die concave Fläche mehr gekrümmt ist (lm). Bei der erstern Klasse ist die Convexität, bei der letztern die Concavität vorherrschend. Die Zeichnungen Fig. 111. stellen allemal Durchschnitte solcher Linsen durch ihre Mitte vor. Die Brechung geschieht ebenfalls nach den allgemeinen Gesetzen, und der Unterschied wird nur dadurch bewirkt, daß die Oberflächen einander nicht parallel sind und daß die Ein-

fallslothe immer von Einem Punkte ausgehen, nämlich von dem Mittelpunkte der Krümmung. Alle Arten Converlinsen liefern ähnliche Erscheinungen, so wie auch alle Arten Concavlinsen. Daher brauchen wir nur die Brechung in beiden Klassen überhaupt zu untersuchen.

§. 122.

Ueber die Brechung in Converlinsen bemerken wir Folgendes: Strahlen, welche parallel mit der Axe des Glases, d. h. mit der Linie, welche zwischen den Mittelpunkten der Krümmung durch die Mitte des Glases gedacht werden kann, auffallen, werden so gebrochen, daß sie nach der Brechung die Axe in irgend einem Punkte schneiden. Sind sie der Axe sehr nahe, so treffen sie beinahe in demselben Punkte der Axe ein und vereinigen sich also daselbst. Man nennt diesen Punkt den Brennpunkt, weil, wenn sich Sonnenstrahlen in demselben sammeln, eine große Hitze darin erregt wird. Die Entfernung des Brennpunktes von der Linse heißt die Brennweite.

Es sei Fig. 112. **GH** ein Conver-Converglas, und der Mittelpunkt der Krümmung **GkH**, **c** der Mittelpunkt der Krümmung **GFH**, also **dc** und ihre Verlängerung die Axe. Ein Lichtstrahl, der in der Richtung der Axe selbst auffällt, geht ungebrochen durch, weil er auf beide Krümmungen senkrecht ist. Die Strahlen **AB** und **EF** mögen parallel mit der Axe einfallen. Ohne Glas würden sie, wenn sie in **E** und **F** eintreffen, nach **e** und **k** zu fortgehen. Das Glas aber ändert ihren Weg ab und um diesen zu finden, ziehe man die Einfallslothe **cB** und **cF**, so sind **eBc** und **kFc** die Einfallswinkel. Der Brechungswinkel wird auf eben die Art, wie §. 120. gefunden. Ist aber der Einfallswinkel nur klein, so kann man statt Sinus den Winkel selbst nehmen. In diesem Falle verhält sich also auch der Einfallswinkel zum Brechungswinkel wie 3 zu 2 oder wie 2 zu 3, je nachdem der Strahl aus Luft in Glas oder aus Glas in Luft geht. In der Figur sind daher **gBc** und **lFc** die Brechungswinkel, **Bg** und **Fl** die gebrochenen Strahlen und **gh**, **lm** ihre Verlängerungen. Schon diese Strahlen würden verlängert die Axe schneiden, weil sie von den Parallelen **Be** und **Fk** nach der Axe zu abweichen. Zieht man nun aufs Neue das Einfallsloth **dg** und **dl** und ver-

längert es nach i und n hin, so sind igh und nlm die Einfallswinkel, igf und nlf aber die Brechungswinkel; die gebrochenen Strahlen gf und lf fallen jetzt noch mehr nach der Axe zu und schneiden dieselbe in f. Dies ist also der Vereinigungspunkt der Strahlen AB und EF und eben dahin gelangen auch alle Strahlen, die noch näher nach der Axe zu einfallen; es ist daher f der Brennpunkt. Es läßt sich zeigen, daß die Brennweite fq eines jeden Converglases gefunden werde, wenn man das Produkt aus den Halbmessern der beiden Krümmungen der Linse doppelt nimmt und dasselbe durch die Summe jener Halbmesser dividirt. Sind beide Halbmesser einander gleich, so ist die Brennweite gleich dem Halbmesser.

§. 123.

Parallelstrahlen mit der Axe vereinigen sich also im Brennpunkte. Convergirende Strahlen müssen sich daher noch früher vereinigen; bei divergirenden aber, die am meisten in Betracht kommen, hängt ihr Weg nach der Brechung von der Entfernung des leuchtenden Punktes vom Glase ab. Ist der Abstand desselben sehr groß, so kann man sie fast als parallel ansehen; ihr Vereinigungspunkt ist daher auch der Brennpunkt. So wie nun der leuchtende Punkt sich mehr nähert, so rückt der Vereinigungspunkt immer weiter vom Brennpunkte ab, und kommt der leuchtende Punkt in den Brennpunkt selbst, so werden die gebrochenen Strahlen einander parallel und kommen gar nicht zusammen. Befindet sich endlich der leuchtende Punkt zwischen dem Brennpunkte und der Linse, so werden die gebrochenen Strahlen divergent, obgleich weniger, als es die einfallenden waren. Sie scheinen also aus einem Punkte vor der Linse zu kommen, welcher der Linse desto näher liegt, je mehr der leuchtende Punkt sich der Linse genähert hat. Fig. 113. und 114. stellen die Fälle vor, 1) wo der leuchtende Punkt jenseits des Brennpunktes, aber nicht unendlich weit von der Linse entfernt ist, und 2) wo er sich zwischen dem Brennpunkte und der Linse befindet. Es ist nämlich in beiden Figuren A der leuchtende Punkt, c und d die Mittelpunkte der Krümmungen, f der Brennpunkt, AB und AD die einfallenden, BE und DH die gebrochenen Strahlen im Glase, EG und HG die gebrochenen Strahlen außerhalb

der Linse, cE und cH, dB und dD die Einfallslothe. In Fig. 114., wo die gebrochenen Strahlen EG und HG auseinander gehen, fällt ihr scheinbarer Vereinigungspunkt K vor dem Glase, d. h. er liegt auf der nämlichen Seite, wo sich der leuchtende Punkt A befindet.

Liegt der strahlende Punkt nicht in der Axe, sondern außerhalb, so fällt auch der Vereinigungspunkt außerhalb, aber immer auf die entgegengesetzte Seite von der Axe. Ist z. B. Fig. 115. der leuchtende Punkt in A, über der Axe, so ist der Vereinigungspunkt in E unter der Axe. Man kann nämlich von A eine Linie durch die Mitte der Linse m ziehen, diese ist für den leuchtenden Punkt als Axe zu betrachten und heißt daher auch die Nebenaxe, oder auch der Hauptstrahl; denn ein Strahl, der in dieser Richtung durch die Linse geht, kann, wenn er mit der Hauptaxe GH nur einen kleinen Winkel macht, so angesehen werden, als ob er ungebrochen durchginge. In dieser Linie nun muß der Vereinigungspunkt der Strahlen liegen, nämlich für unsern Fall in E.

§. 124.

In dem Vereinigungspunkte entsteht ein Bild des leuchtenden Punktes. Verlängert man nun die gebrochenen Strahlen über den Vereinigungspunkt E hinaus, so divergiren sie wieder, und wird ein Auge in O von diesen divergirenden Strahlen getroffen, so sieht es durch dieselben das Bild des Punktes. Ein solches Bild läßt sich auf einer weißen Wand auffangen. Werden die ausgehenden Strahlen nach der Brechung parallel, wenn nämlich der leuchtende Punkt im Brennpunkte der Linse sich befindet, so entsteht gar kein Bild. Divergiren aber die Strahlen nach der Brechung, so fällt ihr Vereinigungspunkt durch eine rückwärts gehende Verlängerung desselben auf die nämliche Seite, wo sich auch der strahlende Punkt befindet, oder vor das Glas, und das Auge sieht nun das Bild durch die gebrochenen divergenten Strahlen selbst. In diesem Falle ist das Bild ein geometrisches, in allen andern Fällen ein physisches wirkliches Bild. So ist Fig. 116. in A der leuchtende Punkt, die gebrochenen Strahlen erfüllen den Raum GEHG; ihr Vereinigungspunkt ist in K; hier ist also das geometrische Bild des Punktes A, und ein Auge in der

Gegend von d sieht dieses Bild durch die divergirenden Strahlen. Um den Ort des Bildes eines Gegenstandes durch Zeichnung zu finden, ziehe man Fig. 115. vom leuchtenden Punkte A aus den Hauptstrahl AE durch m, dann von A einen Parallelstrahl AB mit der Hauptaxe, so geht der gebrochene Strahl desselben durch den Brennpunkt F, und wo also dieser den Hauptstrahl schneidet, nämlich in E, da ist das Bild des Punktes.

Man sieht, wie auf diese Art ein Bild des ganzen Gegenstandes entstehen muß; denn jeder Punkt desselben bildet sich auf die angezeigte Art ab, folglich auch der ganze Gegenstand. In dieser Hinsicht finden nur folgende Fälle Statt, welche wir durch Zeichnung erläutern wollen.

1) Ist der Gegenstand in einer großen Entfernung vom Glase, so erscheint das wirkliche Bild in der Nähe des Brennpunkts auf der entgegengesetzten Seite der Linse, und zwar umgekehrt und kleiner als der Gegenstand. Fig. 116. ist AB der Gegenstand. Durch die Hauptstrahlen AC und BC und die Parallelstrahlen AD und BE, die gebrochen durch den Brennpunkt F gehen, wird das Bild des Punktes A nach a und des Punktes B nach b gebracht, also ist ba das Bild umgekehrt und verkleinert.

2) So wie der Gegenstand dem Brennpunkte näher rückt, entfernt sich das Bild von dem Brennpunkte auf der entgegengesetzten Seite immer mehr, bleibt umgekehrt, wird aber immer größer. Der Leser braucht nur Fig. 116. sich alles umgekehrt zu denken und ba für den Gegenstand, AB aber für das Bild desselben zu nehmen.

3) Steht der Gegenstand zwischen dem Brennpunkte und der Linse, so entsteht ein geometrisches Bild vor dem Glase, d. h. auf der Seite, wo sich der Gegenstand selbst befindet; es wird von einem Auge auf der andern Seite durch die gebrochenen divergirenden Strahlen gesehen. Dazu gehört Fig. 117. Der Gegenstand ist AB, die Hauptstrahlen AG und BK, die parallel mit der Hauptaxe auffallenden Strahlen AD und BE, die durch den Brennpunkt F gehenden gebrochenen Strahlen LH und MI; sie divergiren mit den Hauptstrahlen und erst beider Verlängerungen rückwärts schneiden sich auf der Seite des Glases, wo der Gegenstand ist, in a und b und machen ein geometrisches aufrechtes und vergrößertes Bild ab von dem Gegenstande, das

durch die divergirenden Strahlen selbst gesehen wird. Je näher der Gegenstand noch dem Brennpunkte ist, desto weniger divergiren die gebrochenen Strahlen, desto weiter hinaus fallen also ihre Durchschnittspunkte a und b auf der entgegengesetzten Seite, desto größer muß also das Bild dem Auge erscheinen. Hält man ein sogenanntes Brennglas, d. h. ein Converglas, nahe über Schrift, so sieht man diese aufrecht und vergrößert; man sieht nämlich ihr geometrisches Bild. Entfernt man nun das Glas allmählig, so wird die Schrift immer größer, weil sie dem Brennpunkte näher rückt. Ist das Glas endlich so weit, daß die Schrift selbst im Brennpunkte liegt, so sieht man kein deutliches Bild mehr von derselben, weil nun alle gebrochenen Strahlen parallel werden und nirgends mehr convergiren. Rückt das Glas nun noch weiter ab, so erscheint die Schrift verkehrt, aber kleiner, wird aber mit noch größerer Entfernung immer größer, ob sie gleich verkehrt bleibt. Man sieht jetzt das wirkliche Bild derselben, das sich zwischen dem Auge und Glase befindet. Wir glauben aber dennoch den Gegenstand hinter dem Glase zu sehen, weil wir nämlich wissen, daß er sich hinter ihm befindet; so bewirkt also unser Urtheil eine Täuschung in der Empfindung, von der wir uns nicht anders losmachen können, als wenn wir wirklich das Bild mit einer Fläche auffangen und es außer dem Glase betrachten.

§. 102.

Was die Brechung der Concavlinsen betrifft, so sind diese gewissermaßen der Gegensatz der Converlinsen, und so werden auch die Erscheinungen einander ziemlich entgegengesetzt sein. Wir sprechen wieder im Allgemeinen von Concavgläsern, ohne auf die besondern Arten Rücksicht zu nehmen. Die Gesetze sind folgende:

Strahlen, die parallel mit der Axe auffallen, werden divergent mit derselben gebrochen und schneiden also die Axe, wenn sie rückwärts verlängert werden, an der Vorderseite des Glases. Fallen sie nahe bei der Axe ein, so treffen die Verlängerungen in einem Punkte der Axe zusammen, welcher der Zerstreuungspunkt heißt und gleichsam ein negativer Brennpunkt ist. Aus diesem Punkte scheinen also die gebrochenen Strahlen auszugehen. Es sei Fig. 118.

AB eine Concavlinse, C und D die Mittelpunkte der Krümmungen, EF, GH die auffallenden Strahlen, parallel mit der Axe CD, ferner CF, CH die Einfallslothe, SFL und THN die Einfallswinkel, SFI, THK die Brechungswinkel, also FI und HK die gebrochenen Strahlen im Glase, welche divergiren müssen, da die Verlängerung der Einfallslothe FS und HT von der Axe abwärts fällt. Nun sind DI und DK die neuen Einfallslothe, DIM und DKO die Einfallswinkel, also DIP und DKQ die Brechungswinkel, folglich IP und KQ die gebrochenen Strahlen außer dem Glase, die noch mehr als FI und HK divergiren, weil sie noch weiter abwärts von der Axe fallen müssen. Verlängert man IP und KQ rückwärts, so schneiden sie sich in der Axe im Punkte R und dieses ist der Zerstreuungspunkt oder der negative Brennpunkt des Glases, so daß die Strahlen IP und KQ so ins Auge fallen, als ob sie von dem Punkte R ausgegangen wären. So wird es auch mit allen Strahlen der Fall sein, die nahe an der Axe und parallel mit derselben einfallen. Nur die weiter von der Axe einfallenden Strahlen werden dieselbe näher am Glase schneiden, weil sie divergenter werden, und zwar desto näher, je weiter sie von der Axe einfallen. Die Entfernung des Zerstreuungspunktes von der Linse ist eben so groß, als die Entfernung des Brennpunktes bei den Converlinsen, nämlich gleich dem doppelten Product aus den Halbmessern der beiden Krümmungen, dividirt durch die Summe dieser Halbmesser.

Auf ganz ähnliche Art, wie bei erhabenen Gläsern, läßt sich auch bei Concavlinsen für jeden gegebenen leuchtenden Punkt der Zerstreuungspunkt finden, in welchem also durch die divergent gebrochenen Strahlen das Bild des Punktes gesehen wird. Strahlen, welche parallel oder aus einem sehr weit entfernten Punkte, also beinahe parallel einfallen, divergiren so, daß sie aus dem Zerstreuungspunkte zu kommen scheinen. Liegt der leuchtende Punkt dem Glase näher, so sind die einfallenden Strahlen schon divergent und zwar desto mehr, je näher der Punkt dem Glase ist. Durch die Brechung werden sie noch divergenter, also fällt der Vereinigungspunkt ihrer Verlängerung rückwärts immer näher am Glase. Strahlen, die von dem leuchtenden Punkte durch die Mitte der Linse gehen, werden auch hier nicht gebrochen und heißen ebenfalls Hauptstrahlen, und Strahlen, die von dem-

selben parallel mit der Achse auf die Linse fallen, werden so gebrochen, daß sie aus dem Zerstreuungspunkte zu kommen scheinen. Wo sich also diese mit den Hauptstrahlen schneiden, da ist der Ort des Bildes. Es sei Fig. 119. **AB** ein Gegenstand. Von den Punkten **A** und **B** gehen die Hauptstrahlen **AL** und **BK** durch die Mitte **C** der Linse, und die Brechungen der Parallelstrahlen **AD** und **BE** sind **HI** und **FG**, welche durch den Brennpunkt **M** gehen. Verlängert man diese rückwärts, so schneidet **HI** den von **A** kommenden Hauptstrahl in **a** und **FG** den von **B** kommenden Hauptstrahl in **b**; es ist also in **a** das Bild des Punktes **A** und in **b** des Punktes **B**, folglich **ab** das Bild des ganzen Gegenstandes, aber kein wirkliches, sondern nur ein geometrisches Bild. Ein Auge, welches die divergirenden Strahlen **HI** und **FG** treffen, sieht den Gegenstand so, als ob er in **ab** sich fände, also in einer größern Nähe, als er wirklich ist.

§. 126.

Um das Sehen durch künstliche Werkzeuge zu erklären, wollen wir einige Bemerkungen über das natürliche Sehen vorausschicken.

Das Organ, wodurch wir die Gegenstände vermittelst des von ihnen ausströmenden Lichts wahrnehmen, ist das Auge. Es ist ein kugelförmiger Körper, der mit verschiedenen Häuten umgeben ist, welche durchsichtige Feuchtigkeiten umschließen. Wir bemerken von denselben: die durchsichtige Hornhaut, welche den vordern runden Kreis des Auges bedeckt, den man gewöhnlich den Stern des Auges nennt, und rund herum an die undurchsichtige weiße Haut sich anschließt, die die ganze übrige Kugel des Auges umgibt. Diese Hornhaut **aa** (Fig. 130.) ist etwas mehr erhaben, als die weiße Haut. Unter der Hornhaut liegt die Regenbogenhaut, **bb**, **dd**, welche in der Mitte eine runde Oeffnung **bd** hat, Pupille oder Sehe genannt. Die Regenbogenhaut besteht aus zarten Fasern, welche bei stärkerem Lichte sich ausdehnen und dadurch die Pupille verengern, bei schwächerem sich zusammenziehen und die Pupille erweitern. Sie hat bei verschiedenen Menschen verschiedene Farben (blau, braun, grau ꝛc.); die Pupille erscheint als ein schwarzer Kreis, weil man durch dieselbe in die finstere Höhlung des Auges blickt. Die innerste Umhüllung des Auges ist die

Netzhaut; sie besteht aus einem zarten Gewebe von Nerven und ist durch den Sehnerven mit dem Gehirn verbunden. Hinter der Pupille und Regenbogenhaut befindet sich die Krystallinse cc, ein durchsichtiger, gallertartiger Körper von der Gestalt eines Converglases, durch die Bändchen cf an die übrigen Häute des Auges befestigt. Den Raum zwischen der Hornhaut und Krystalllinse füllt die wäßrige Feuchtigkeit aus, den ganzen Hintergrund des Auges aber zwischen der Krystallinse und Netzhaut die Glasfeuchtigkeit, eine gallertartige, äußerst durchsichtige Masse. Eine gerade Linie, welche senkrecht durch die Mitte der Hornhaut und Krystallinse gedacht wird, heißt die Augenachse, wie gh. Das Sehen geschieht nun auf folgende Art. Von jedem Punkte eines Gegenstandes fallen divergirende Strahlen auf die Pupille, werden von der Hornhaut, der wäßrigen Feuchtigkeit, der Krystallinse (und zwar von dieser ganz vorzüglich) und der Glasfeuchtigkeit so gebrochen, daß sie im Auge wieder convergiren und sich so genau auf der Netzhaut in einem Punkte vereinigen, wo also ein Bild des leuchtenden Punktes entsteht. Es erläutert dies Fig. 130., AB ist der äußere Gegenstand und durch die gezeichneten Lichtstrahlen entsteht auf der Netzhaut das umgekehrte Bild ba desselben. Der Eindruck, den hier das Licht auf die Nerven der Netzhaut macht, wird durch den Sehnerven in das Gehirn fortgepflanzt und kommt hier zum Bewußtsein der Seele, wie? das bleibt uns unerklärbar. Nur wenn der Vereinigungspunkt der Strahlen genau auf der Netzhaut ist, entsteht ein deutliches Bild des leuchtenden Punktes und also deutliches Sehen. Es kommt dabei offenbar auf die Entfernung des Gegenstandes an. Von nahen Punkten ist die Divergenz der einfallenden Strahlen größer, als von entfernten. Der Vereinigungspunkt der erstern fällt daher weniger weiter von der Krystallinse ab, als der der letztern. Ein gutes Auge sieht etwa auf 8 bis 10 Zoll deutlich. Ein kurzsichtiges erfordert eine kleinere, ein weitsichtiges eine größere Entfernung zum deutlichen Sehen. Bei dem erstern werden die von entfernten Gegenständen einfallenden Strahlen zu sehr gebrochen, weil die Kristalllinse oder Hornhaut zu sehr gekrümmt ist; sie vereinigen sich in einer Stelle zwischen der Netzhaut und Krystallinse, gehen dann wieder aus einander und bilden auf der Netzhaut eine kleine Kreisfläche statt eines

Punktes, so daß also ein undeutliches Bild des Gegenstandes entstehen muß. Man hilft diesem Fehler durch eine Concavlinse ab, welche die von entfernten Punkten kommenden Strahlen so ins Auge bringt, als ob sie von einem nähern Punkte herkämen. Dadurch werden sie mehr divergirend, folglich ihr Vereinigungspunkt weiter von der Krystalllinse entfernt und so auf die Netzhaut gebracht. — Bei weitsichtigen Augen werden die von nahen Punkten ausgehenden Strahlen zu wenig gebrochen, weil die Krystallinse oder Hornhaut zu flach ist; sie vereinigen sich daher erst jenseits der Netzhaut und bilden also auf dieser wieder eine kleine Kreisfläche statt eines Punktes. Man hilft dem Fehler durch ein Converglas ab, welches die Divergenz der von nahen Punkten herkommenden Strahlen vermindert und sie so ins Auge bringt, als ob sie von entfernteren ausgingen, wodurch denn der Vereinigungspunkt der Krystallinse genähert und auf die Netzhaut gebracht wird.

§. 127.

Nach diesen Vorbemerkungen über das natürliche Sehen, wird das künstliche vermittelst optischer Werkzeuge sich erklären lassen. Wir betrachten aber hier nur diejenigen optischen Instrumente, wodurch sehr entfernte Gegenstände deutlich und vergrößert vorgestellt werden. Ein Gegenstand wird größer gesehen, wenn die Linien, die man von seinen Grenzpunkten nach dem Auge ziehen kann, einen größeren Winkel mit einander machen, und dies geschieht offenbar, wenn der Gegenstand dem Auge näher gerückt wird. Ein Auge in **O** (Fig. 121.) sieht den Gegenstand **AB** unter dem Winkel **AOB**, ein anderes in dem nähern Punkte **P** sieht ihn unter dem größern Winkel **APB**. Zieht man von **O** aus die Linie **OD** mit **PA** und **OE** mit **PB** parallel, so ist der Winkel **DOE** so groß als **APB**. Unter dem Winkel **DOE** würde aber das Auge in **O** den Gegenstand erblicken, wenn er die Größe **DE** hätte. Da nun das Auge in **P** den Gegenstand unter demselben Winkel erblickt, so folgt, daß es ihn so groß als **DE** sehe. Um daher einen Gegenstand vergrößert zu sehen, wäre weiter nichts nöthig, als ihn dem Auge näher zu bringen. Aber wenn dieses in der Entfernung **OG** den Gegenstand **AB** deutlich sieht, so muß sein Bild auf der Netzhaut in der Entfernung **GP** undeutlich werden. Was also

in Rücksicht der Größe gewonnen ist, geht an Deutlichkeit wieder verloren. Diesem Mangel wird nun durch ein Converglas abgeholfen; denn da divergirende Strahlen durch dasselbe weniger divergent gebrochen werden, so können nur die vom Gegenstande ausgehenden Strahlen im Auge so gebrochen werden, daß sie auf der Netzhaut sich vereinigen und also daselbst ein deutliches Bild geben. Es sei Fig. 122. **AB** der Gegenstand. Fielen die von einem Punkte z. B. **A** oder **B** ausgehenden Strahlen ohne Glas auf das Auge, so würden sie den Winkel **FAG**, **HAI** bilden, und wegen dieser großen Divergenz kein deutliches Bild geben. Setzt man aber ein Converglas dazwischen, so bleiben die Strahlen **AG** und **BI** zwar in ihrer Lage, weil sie durch die Mitte des Glases gehen, aber **AD** und **BE** werden mit **AG** und **BI** weniger divergent, nämlich **AD** wird durch die Brechung zu **ML** und **BE** zu **NL**. Diese Strahlen **AG** und **ML**, so wie **BI** und **NL** divergiren jetzt bloß so, als ob sie aus den entfernteren Punkten **a** und **b** kämen, und folglich sieht das Auge den Gegenstand **AB** als **ab**, deutlich und vergrößert. Die Vergrößerung, welche ein solches Glas gibt, wird gefunden, wenn man die Weite des deutlichen Sehens durch die Brennweite des Glases dividirt. Es sei die erstere 8 Zoll, die letztere $\frac{1}{10}$ Zoll, so wird der Durchmesser des Gegenstandes 80 mal vergrößert. Je kleiner also die Brennweite, folglich auch je kleiner der Halbmesser der Linse ist, desto stärker ist die Vergrößerung für ein und dasselbe Auge. Der Gegenstand muß dem Glase ein wenig näher liegen, als der Brennpunkt; denn befände er sich in diesem, so gäbe er gar kein Bild, weil dann die divergirenden Strahlen parallel gebrochen würden. Man sieht also, daß die ganze Vorrichtung nur für kleine, sehr nahe liegende Gegenstände gebraucht werden kann, und darum nennt man sie ein *Mikroskop*, und zwar ein *einfaches*, weil man auch aus mehrern Converlinsen zusammengesetzte Mikroskope hat.

§. 128.

Eigentlich haben wir es in der Sternkunde nicht mit Mikroskopen zu thun, weil die zu betrachtenden Gegenstände nicht nahe, sondern vielmehr ungeheuer weit von uns abliegen. Wir erwähnten derselben nur, um kurz zu zeigen, worauf eigentlich die Vergrößerung des Bildes beruhe. Wir

wollen also jetzt sogleich zu den Fernröhren übergehen, d. h. zu Werkzeugen, durch welche uns das Bild entlegener Gegenstände vergrößert und deutlich erscheinen muß. Die Fernröhre, Teleskope, bestehen entweder bloß aus Glaslinsen (dioptrische Fernröhre), oder aus Gläsern und Spiegeln (katoptrische, Reflectoren). Wir betrachten die Einrichtung beider nur im Allgemeinen. Das einfachste dioptrische Fernrohr ist das astronomische. Es besteht aus 2 Convergläsern; das dem Gegenstande zugekehrte heißt das Objectiv- und das dem Auge zugewendete das Ocularglas. Das erstere hat eine große, das letztere eine kleine Brennweite, und beide sind so weit von einander entfernt, als die Summe der Brennweiten beträgt, so daß beider Brennpunkt genau zusammenfällt. Die Vergrößerung, welche sie geben, wird gefunden, wenn man die Brennweite des Objectivglases durch die Brennweite des Ocularglases dividirt. Der Gegenstand erscheint verkehrt, welches bei Betrachtung der Himmelskörper nichts ausmacht. Will man aber ein Fernrohr für irdische Gegenstände gebrauchen, so müssen noch 2 Oculargläser eingesetzt werden, um das Bild wieder in eine aufrechte Lage zu bringen, und alsdann heißt es ein Erdfernrohr. Der Gegenstand befindet sich in einer so großen Entfernung, daß die von Einem Punkte desselben ausgehenden Strahlen als Parallelstrahlen auf das Glas fallen. Dies vorausgesetzt, zeigt die Zeichnung Fig. 123. den Gang der Strahlen. Es sei **AB** der sehr weit entlegene Gegenstand. Von dem Punkte **A** gehen Strahlen aus, die als die Parallelen **AD**, **AC** und **AE** auf das Objectivglas fallen. Diese werden als **Fa**, **Ca** und **Ga** gebrochen und geben im Brennpunkte des Objectivglases das Bild des Punktes **a**. Von **B** gehen die Strahlen **BD**, **BC** und **BE** aus und fallen als Parallelstrahlen auf das Glas; sie werden als **Fb**, **Cb** und **Gb** gebrochen und geben das Bild des Punktes **b**. So entsteht denn im Brennpunkte **M** ein umgekehrtes Bild **ba** des Gegenstandes. Dieses Bild liegt auch im Brennpunkte des Ocularglases. Die von **a** ausgehenden Strahlen **aK** und **aL** werden also durch dasselbe als Parallelstrahlen **PS** und **QU** und die von **b** ausgehenden Strahlen **bH** und **bI** als die Parallelstrahlen **NR** und **OS** gebrochen, und ein Auge in **V** sieht nun das Bild des Punktes **a** und **b** durch Parallelstrahlen, welche im Auge wieder

ein deutliches Bild geben. So viel mal My (die Brennweite des Objectivglases) größer ist, als Mx (die Brennweite des Ocularglases), so vielmal sieht man auch den Gegenstand größer, als es ohne Fernrohr möglich wäre. Das Bild ba sieht nämlich nun das Auge unter dem großen Gesichtswinkel TSW, und es erscheint ihm also als TW, weil die in das Auge kommenden Strahlen sich in den Punkten T und W zu vereinigen scheinen und so das Bild darstellen.

§. 129.

Fig. 124. erläutert das Erdfernrohr. Der weit entfernte Gegenstand ist wieder AB. Die parallel von A und B einfallenden Strahlen gehen durch das Objectivglas und machen in seinem Brennpunkte das Bild ba. Hier ist auch der Brennpunkt des ersten Ocularglases cd, also werden die von b und a einfallenden divergirenden Strahlen durch dasselbe parallel gebrochen, und kommen so zum zweiten Ocularglase ef. Dieses macht in seinem Brennpunkte wieder ein aufrechtes Bild ab, das im Brennpunkte des dritten Ocularglases gh liegt. Die von a, b und allen übrigen Punkten des Bildes divergirend auf gh fallenden Strahlen werden wieder parallel gebrochen und so erblickt das Auge in O den Gegenstand durch Parallelstrahlen und sieht ihn also deutlich. Die 3 Oculargläser haben ganz einerlei Brennweite. Die beiden noch hinzugesetzten tragen zur Vergrößerung nichts bei, sondern dienen nur, das Bild des Gegenstandes wieder aufrecht zu machen. Daher wird die Vergrößerung ebenfalls gefunden, wenn man mit der Brennweite des ersten Ocularglases cd in die Brennweite des Objectivglases dividirt.

§. 130.

Bei katoptrischen Fernröhren wird das Objectivglas mit einem Hohlspiegel vertauscht. Ein solches ist das große Herschelsche Fernrohr von 40 Fuß Länge und einem Spiegel von 4 Fuß Breite. Der Hohlspiegel ist gegen den Gegenstand gerichtet. In dessen Brennpunkte entsteht ein vergrößertes Bild des Gegenstandes, den man durch ein converes Ocularglas betrachtet, das sich in einer engern Röhre befindet, die mit der Axe des großen Rohres einen schiefen Winkel macht, damit man den wirklichen Gegenstand zwar

im Rücken habe, aber ihn doch nicht sich selbst verdecke. Der Spiegel steht daher auch etwas schief gegen die Axe des großen Rohres, das nach dem Gegenstande zu völlig offen ist. Eine Vorstellung davon gibt Fig. 125. Der weit entfernte Gegenstand ist **AB**. Von **A** fallen die Parallelstrahlen **AD**, **AE** und **AF** auf den Spiegel und bringen durch Zurückwerfung das Bild des Punktes **A** in **a**, und zwar im Brennpunkte des Spiegels. Von **B** gehen die Parallelstrahlen **BD**, **BE** und **BF** nach dem Spiegel und bilden durch Zurückwerfung den Punkt **B** in **b** ab. Es entsteht also im Brennpunkte das umgekehrte Bild **ba** von **AB**. Von diesem gehen die Strahlen divergirend nach dem converen Ocularglase **cd** und da dessen Brennpunkt im Orte des Bildes ist, so werden sie durch dasselbe parallel gebrochen und kommen so ins Auge. Die Vergrößerung wird ebenfalls bestimmt durch das Verhältniß der Brennweite des Ocularglases zu der des Spiegels.

Bei allen diesen Werkzeugen wird die Vergrößerung dadurch bewirkt, daß man das Bild des Gegenstandes unter einem größern Gesichtswinkel betrachtet, als der ist, unter dem man ihn ohne Instrument sehen würde. Wir wollen dies noch durch eine einfachere Zeichnung des Sternrohrs erläutern. Es seien also Fig. 136. **C** und **G** die beiden Convergläser desselben, **AB** der entfernte Gegenstand. Die von den Punkten **A** und **B** aus auf das Objectivglas fallenden Parallelstrahlen sind bloß durch die einfachen Linien **AC** und **BC** ausgedrückt. Diese vereinigen sich im Brennpunkte, also die von **B** ausgehenden Strahlen in **b**, die von **A** ausgehenden in **a**, und **ba** ist das Bild des Gegenstandes, das nun vom Auge in **O** durch das Ocularglas **G** betrachtet wird. Wäre das Auge ohne Glas in **C**, so sähe es den Gegenstand unter dem Gesichtswinkel **ACB**, welcher eben so groß ist, als sein Scheitelwinkel **bCa**. Wäre das Auge ohne Ocularglas in **G**, so sähe es das Bild **ba** unter dem Gesichtswinkel **bGa**. Durch das Ocularglas wird das Bild selbst nicht verändert, denn dieses macht nur die von demselben divergirend ausgehenden Strahlen parallel, also ist der Gesichtswinkel, unter dem es in **O** gesehen wird, oder **GOK** eben so groß als **bGa**. Folglich hängt die Vergrößerung ab von dem Verhältniß der Gesichtswinkel **ACB** und **bGa**. Nun ist das Dreieck **bGa** bei **b** rechtwinklicht und also ver-

hält sich nach §. 12. Nr. 7. die Seite bG : ba = Sin. tot. : Tang. bGa. In dem rechtwinklichten Dreiecke bCa aber, wo der Winkel bCa dem Gesichtswinkel ACB gleich ist, verhält sich ba : bC = Tang. bCa : Sin. tot. Schreibt man nun diese beiden Proportionen unter einander,

bG : ba = Sin. tot. : Tang. bGa
ba : bC = Tang. bCa : Sin. tot.

so kann man das, was in beiden einerlei ist, gegenseitig wegstreichen, nämlich links ba und rechts Sin. tot., und die stehen bleibenden Glieder bilden nun die Proportion:

bG : bC = Tang. bCa : Tang. bGa.

Bei kleinen Winkeln kann man aber statt der Tangenten oder Sinus die Winkel selbst nehmen, also verhält sich

bG : bC = bCa : bGa

und setzt man nun statt bCa den wirklichen Gesichtswinkel ACB, so heißt diese Proportion bG : bC = ACB : bGa oder ACB : bGa = bG : bC, d. h. in Worten: Der Gesichtswinkel, unter dem ich den Gegenstand ohne Glas sehe, verhält sich zu dem Gesichtswinkel, unter dem ich sein Bild durch das Glas sehe, wie die Brennweite des Ocularglases (bG) zur Brennweite des Objectivglases (bC). So vielmal also bC größer ist als bG, so vielmal wird auch der Winkel bGa größer sein als der Winkel ACB, d. h. so vielmal wird der Gegenstand vergrößert erscheinen.

§. 131.

Die Erfahrung lehrt, daß ein und dasselbe Licht unter verschiedenen Umständen verschiedene Farben zeigen könne. Mit welchen verschiedenen Farben blitzen nicht ein Thautropfen, ein Diamant, die geschliffenen Glaskörper eines Kronleuchters? Auch selbst leuchtende Körper zeigen oft verschiedene Farben und die durch fremdes Licht erleuchteten erscheinen uns alle unter mancherlei gewöhnlich dauernden Farben. Die Frage ist, wie dies zugehe? Nach der Vorstellung Newtons, der wenigstens viele Physiker noch Beifall geben und die auf jeden Fall das Vorzügliche hat, daß sie die Erscheinung am anschaulichsten erklärt, gibt es verschiedene Arten von Licht, von denen die eine die Empfindung der rothen, eine andere die Empfindung der gelben, eine dritte die Empfindung der grünen Farbe u. s. w. in uns erregt; vereinigen sich aber alle diese verschiedenen Arten von Licht, so ent-

steht in uns die Empfindung der weißen Farbe. Ist dies richtig, so muß sich das weiße Licht in die Farben, aus denen es besteht, auflösen, und umgekehrt diese Farben wieder zu weißem Lichte vereinigen lassen. Newton machte nun folgende Versuche. In ein wohl verfinstertes Zimmer ließ er durch eine kleine Oeffnung **A** (Fig. 127.) im Fensterladen einen Lichtkegel fallen; dieser bildete auf einer weißen Tafel **GH**, von der er aufgefangen wurde, ein weißes Sonnenbild **B**. Nun wurde dieser Lichtkegel durch ein dreiseitiges gläsernes Prisma **IK** so aufgefangen, daß derselbe schief auf die vordere Fläche desselben fiel; hier wurde er gebrochen und also das Sonnenbild an der Tafel höher gehoben, aber dies erschien nun nicht mehr rund, sondern länglicht und in 7 farbige Felder getheilt. Das Feld **F**, welches dem vorigen Sonnenbilde am nächsten lag, war roth, dann folgte nach oben zu orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau (Indigoblau), violett. Es scheint also durch die Brechung im Prisma das weiße Licht in 7 Farben aufgelöst zu werden, und dies scheint daher zu rühren, daß die Farbenstrahlen, woraus das weiße Licht besteht, im Prisma eine verschiedene Brechung erleiden, nämlich roth am wenigsten, weil es dem von dem ungebrochenen Strahle hervorgebrachten Sonnenbilde am nächsten war, und violett am meisten, weil es von demselben den größten Abstand hatte. Newton machte nun einen zweiten Versuch und ließ die 7 farbigen Strahlenbündel durch ein Converglas gehen, welches dieselben in seinem Brennpunkte wieder vereinigte. Stellte er nun die weiße Tafel in diesen Brennpunkt, so erschien auf derselben wieder ein weißes Sonnenbild, welches also zu beweisen scheint, daß das weiße Licht aus jenen 7 Farben zusammengesetzt sei. Hieraus erklärt sich nun die umgekehrte Erscheinung, daß, wenn man einen Gegenstand durch ein gläsernes Prisma betrachtet, derselbe mit buntfarbigen Rändern erscheint, der eine Rand z. B. roth, orange, gelb, der entgegengesetzte bläulichgrün, blau, violett, in der Mitte aber gewöhnliches weißes Licht, weil hier die farbigen Lichtstrahlen sich mischen. Daß im Ganzen diese Vorstellungsart die richtige ist, wenn auch diese oder jene Erscheinung etwas anders genommen werden könne, leidet wohl keinen Zweifel, und es lassen sich daraus alle Farbenerscheinungen ohne Schwierigkeit erklären, indem auch diejenigen Strahlen, wel-

che am leichtesten gebrochen werden, wie Violett, Indigoblau u. s. w., auch am leichtesten zurückgeworfen werden, roth, gelb u. s. w. dagegen am schwersten. Man kann daher annehmen, daß alle Farben daher entstehen, daß die Oberflächen der Körper nicht alles Licht, das sie von leuchtenden Gegenständen empfangen, zurücksenden, sondern entweder einen Theil desselben in sich saugen, chemisch mit ihrem Wesen verbinden, oder doch auf andere Art verändern. Ein Körper wird also weiß aussehen, wenn er das erhaltene Licht unverändert zurückstrahlt. Fällt daher auf solche Körper rothes, gelbes Licht u. s. w., so zeigen sie sich in der Farbe dieses Lichtes. Dagegen wird uns ein Körper grün, blau, gelb u. s. w. erscheinen, wenn er das erhaltene Licht verändert, einen Theil der farbigen Strahlen einsaugt und nur diejenigen zurücksendet, in deren Farben er uns erscheint. Strahlt ein undurchsichtiger Körper gar kein Licht zurück, so nennen wir ihn schwarz. Bei durchsichtigen Körpern wird das durchgehende Licht entweder bloß geschwächt, oder auch geändert; im letztern Falle erscheint er farbig. Ein durchsichtiger Körper, der alles Licht ungeschwächt durchgehen ließe, wäre ganz unsichtbar. Gemischte Farben wird ein Körper zeigen, wenn er mancherlei farbige Strahlen zurückwirft.

Das Zerstreuen des weißen Lichts in seine Farben ist auch die Ursache, daß durch Fernröhre die Ränder der Gegenstände farbig erscheinen, wodurch sie undeutlich werden. Um diesem Uebel abzuhelfen, erfand man zuerst die Spiegelteleskope, dann die achromatischen (farbenlosen) Fernröhre. Bei diesen wurde der Zweck dadurch erreicht, daß man die Converlinse des Objectivglases aus zwei oder drei Converlinsen aus Flint- und Kronglas zusammensetzte. Man machte also die Zusammensetzung entweder aus einer Converlinse von Kron- und aus einer von Flintglas, oder man setzte eine Linse aus Flintglas zwischen zwei Linsen von Kronglas. Beide Arten Glas haben nämlich eine verschiedene Farben zerstreuende Kraft; daher können sie so verbunden werden, daß die eine die Wirkung der andern aufhebt, und also das Licht unfärbig zum Ocularglase kommt. Die achromatischen Fernröhre haben überdies den Vortheil, daß sie mehr Licht geben und bei derselben Vergrößerung nicht so lang zu sein brauchen, als die gemeinen Fernröhre.

§. 132.

Nach diesen Vorausschickungen wollen wir wieder zu unserem Gegenstande zurückkehren und die verschiedenen Erscheinungen am Himmel zu erklären suchen, welche durch das Brechen der Lichtstrahlen in der Atmosphäre, oder durch die Zurückwerfung des Lichts hervorgebracht werden. Zuerst also von der Strahlenbrechung oder Refraktion des Lichts in der Erdatmosphäre, welche die Wirkung hat, daß uns jeder Stern am Himmel mehr oder weniger höher über dem Horizont zu stehen scheint, als es wirklich der Fall ist. Nur diejenigen Sterne, welche sich genau im Zenith befinden, leiden gar keine Refraktion, weil die von ihnen ausströmenden Lichtstrahlen senkrecht auf den Horizont durch den Luftkreis gehen. Je weiter daher ein Stern vom Zenith entfernt ist, desto größer ist bei ihm die Strahlenbrechung, am Horizont folglich am größten, weil die Schiefe des Winkels, den der Lichtstrahl mit den brechenden Flächen der Atmosphäre macht (wir haben schon bemerkt, daß die Atmosphäre nicht gleichförmig dicht ist, sondern ungefähr nach demselben Verhältnisse, wie sie sich von der Oberfläche der Erde entfernt, immer dünner wird, so daß also der Lichtstrahl auf seinem Wege immer dichtere Luftschichten antrifft und also immer neue Brechungen erleidet), mit der Entfernung vom Zenith wächst, folglich am Horizont selbst am größten werden muß. Durch die Strahlenbrechung nun wird der Ort des Weltkörpers an der Sphäre so verändert, daß er höher über dem Horizont zu liegen scheint, als es wirklich der Fall ist, und zwar desto höher, je näher er dem Horizont ist. Es sei Fig. 128. der Halbkreis **ABD** die Erde, die dieselbe umgebenden punktirten Halbkreise mögen die nach der Erde zu immer dichter werdende Atmosphäre vorstellen. Außerhalb des Luftkreises stehen im Weltraume die Sterne **a, b, c, d** in verschiedenen Höhen über dem Horizont **HI**. Gäbe es keine Strahlenbrechung, so sähen wir dieselben durch die Strahlen **dB, cB, bB** u. s. w. an ihrem wahren Orte; aber diese Strahlen können wegen der Brechung nicht in unser Auge kommen, dagegen aber werden die Strahlen **de, cg, bh**, so in den verschiedenen Schichten der Atmosphäre gebrochen, daß sie durch die krummen Linien **eB, gB, hB** zu uns gelangen. Da wir nun den Ort eines Körpers allemal in der Richtung annehmen, welche der von ihm ausgegan-

gene Lichtstrahl zuletzt hat, so müssen wir jeden dieser Sterne nach der Richtung der Tangenten sehen, die an den krummen Linien, welche die Lichtstrahlen während ihres Weges durch die Atmosphäre beschreiben, gezogen werden können; wir sehen also den Stern **d** nach der Richtung **Bf** in **f**, den Stern **c** nach der Richtung **Bi** in **i**, den Stern **b** nach der Richtung **Bk** in **k**, und so sieht man also deutlich, wie der Ort der Sterne über dem Horizont durch die Refraktion erhöhet werden müsse, und zwar desto mehr, je weiter der Stern vom Zenith absteht; denn die Winkel **bBk**, **cBi**, **dBf**, um welche der scheinbare Ort des Sterns von seinem wahren Orte abweicht, werden immer größer, je näher der Stern dem Horizont zu liegt, und umgekehrt immer kleiner, je mehr er sich dem Zenith nähert. Nur der Stern **a** im Zenith selbst, erscheint ganz genau an seinem wahren Orte. Die wahren Abstände der Sterne vom Zenith sind die Winkel **dBa**, **cBa**, **bBa**, die scheinbaren **fBa**, **iBa**, **kBa** und die Unterschiede beider, oder die Winkel **dBf**, **cBi**, **bBk** sind eigentlich das, was die Astronomen die Refraktion nennen. Sie sind am Horizont am größten, und werden schon in der Nähe des Zenith unmerklich. Da die Strahlenbrechung von der Dichtigkeit der Luftschichten abhängt, so kann sie sich nicht immer ganz gleich bleiben, sondern muß sich verändern, so wie jene Dichtigkeit durch den Einfluß der Wärme und Kälte, oder durch vermehrten oder verminderten Druck der Atmosphäre verändert wird. Man muß daher bei Bestimmung der Refraktion auf den Stand des Barometers und Thermometers Rücksicht nehmen. Die Veränderungen, welche durch die Strahlenbrechung mit dem Stande der Sterne vorgeht, betreffen bloß ihre Höhe über dem Horizont, nicht die Lage der Ebene, worin sich der durch einen Stern gehende Vertikalkreis befindet, eben weil durch die Brechung die Ebene niemals verändert wird, in welcher der Lichtstrahl liegt. Wenn also ein Stern im Meridian oder irgend einem andern Vertikalkreise erblickt wird, so kann man sich darauf verlassen, daß er sich wirklich in demselben befindet und weder rechts noch links davon abweicht. Auch macht die Entfernung der Weltkörper keine Veränderung in der Refraktion, weil alle weit außerhalb unserer Atmosphäre liegen, die Strahlenbrechung aber erst mit dem Eintritt in die Grenze der Atmosphäre ihren Anfang nimmt. Die gemessenen Hö-

hen der Sterne sind also an und für sich noch nicht die wahren Höhen, sondern müssen erst durch Bestimmung der Refraktion berichtiget werden. Dazu dienen den Astronomen die sogenannten Refraktionstafeln, in welchen die Größe der Strahlenbrechung mit Rücksicht auf den Stand des Barometers und Thermometers für jede mögliche Höhe eines Sterns berechnet ist. Es ist vielleicht für viele Leser nicht uninteressant, die Art des Verfahrens kennen zu lernen, wie die Astronomen die Refraktion eines Sterns finden, darum wollen wir im folgenden §. eine Uebersicht davon zu geben suchen.

§. 133.

Wir haben §. 47. gezeigt, wie man durch die Beobachtung solcher Sterne, die nicht untergehen, die Polhöhe eines Orts finden könne. Was man aber durch diese Methode findet, ist noch nicht der wahre, sondern nur der durch Refraktion erhöhete Pol. Es sei Fig. 129. **AQ** der Aequator, **P** der Pol desselben, **IK** der Tagekreis eines Sterns, der nicht untergeht. Wenn nun auch die Höhe des Sterns **IH** in der obern Culmination wegen seiner Nähe am Zenith nicht bedeutend durch die Strahlenbrechung erhöhet wird, so wird es doch desto mehr seine Höhe **KH** in der untern Culmination, und wir sehen daselbst den Stern nicht in **K**, sondern in **m**, so daß sein scheinbarer Tagekreis **Im** ist. Wir ziehen also von **IH** nicht **KH**, sondern **mH** ab, es bleibt also auch nicht **IK**, sondern **Im** übrig, folglich halbiren wir nicht **IK**, sondern **Im**, und also fällt der gefundene Pol nicht in **P**, wo der wahre ist, sondern in **p** und dies ist daher der durch Refraktion erhöhete Pol. Wir wollen aber für die übrigen Bestimmungen am Himmel den wahren Pol finden; wir müssen also untersuchen, um wie viel der durch Beobachtungen gefundene Pol durch die Refraktion erhöhet worden. Zu dem Ende wähle man einen Stern, der in seiner obern Culmination **E** nahe am Zenith steht, damit seine Refraktion in diesem Punkte verschwinde, und messe nun seine Höhe **EH**. Dies wird also seine wahre Höhe sein, weil in **E** keine Refraktion stattfindet. Nun geben wir auf den Stern Acht, bis er im Fortgange seines Laufes irgend eine bestimmte Höhe über den Horizont, z. B. etwa die Höhe des Sterns, durch welchen wir die Polhöhe bestimmten, in seiner untern

Culmination, also die Höhe mH erreicht hat. Es geschehe dies in dem Punkte t, so daß tD = mH ist. Zugleich merke man sich an einer richtig gehenden Uhr genau die Zeit, wann dies der Fall ist, und da auch die Zeit aufgeschrieben worden, wann der Stern in E culminirte, so wissen wir, wie viel Zeit derselbe gebraucht hat, um von E bis t zu kommen. Aus dieser Zeit berechnen wir nun den Winkel am Pole Zpt, d. h. den Stundenwinkel, welchen der scheinbare Declinationskreis pt mit dem Meridian pZ macht, indem wir die gefundene Zeit mit 15 multipliciren. Dadurch erhalten wir aber nicht den Winkel Zpt, sondern einen etwas größern Zps, denn in der beobachteten Zeit machte der Stern nicht den Bogen Et (diesen schien er nur wegen der Refraktion zu machen), sondern den etwas größern Bogen Es, so daß er wirklich in dem Vertikalkreise ZD um ts niedriger stand, als es schien. Es ist daher st die Refraktion des Sterns in dieser Höhe, und sD wäre seine wahre Höhe, wenn p der wahre Pol wäre. Um aber die Größe von st zu bestimmen, müssen wir in dem sphärischen Dreiecke Zsp den Bogen Zs des Scheitelkreises ZD berechnen. In diesem Dreiecke wissen wir Zp = 90° — pH, d. h. 90° weniger der durch Refraktion vergrößerten Polhöhe, ferner den Stundenwinkel Zps, und den Bogen ps, welcher gleich Ep, d. h. gleich der Entfernung des Sterns vom Pole p ist, weil p von allen Punkten des Tagekreises gleich weit abstehen muß; dieses Ep oder ps aber finden wir, wenn wir pH (die scheinbare Polhöhe) von EH, der Höhe des Sterns in der obern Culmination, abziehen. Wir kennen also in dem Dreiecke Zps drei Stücke, Zp, ps und den Winkel Zps, also läßt sich der Bogen des Scheitelkreises Zs finden. Dieser Bogen wird nun größer kommen, als Zt, folglich sD kleiner, als die angenommene Höhe des Sterns tD und tD — sD wird ts oder die Refraktion in der Höhe s geben. Da wir nun tD = mH genommen hatten, so ist mH auch um ts zu groß, und wenn wir also ts von mH abziehen, so werden wir den scheinbar wahren Ort des Sterns I in der untern Culmination zwischen m und k setzen müssen, z. B. in n. Daraus bestimmen wir nun aufs neue die Polhöhe, indem wir den Bogen In halbiren und finden nun schon den Pol etwas richtiger, nämlich in q. Nun nehmen wir wieder die verbesserte Höhe nH des Sterns I in der untern Culmina-

tion, und denken uns in dem Tagekreise des Sterns E einen Punkt s, wo der Stern genau dieselbe Höhe hat, sD = nH, bemerken wieder die Zeit, die der Stern braucht, um von E bis s zu kommen, finden daraus den Stundenwinkel Zqs, der aber wieder etwas größer kommen muß, als Zqs in der Figur, weil der Stern nur vermöge der Refraktion in s gesehen wird und eigentlich noch tiefer steht, etwa zwischen s und S in einem Punkte, den wir r nennen wollen. Daraus findet sich denn, wie vorher, in dem sphärischen Dreiecke Zqr den Bogen Zr und zwar größer, als Zs, so daß Dr kleiner, als Ds wird und sr einen neuen Theil der Refraktion angibt. Nun verbessert man damit wieder die Höhe nH und die Polhöhe qH und setzt die vorige Rechnung fort, wodurch für den Ort des Sterns ein neuer Punkt zwischen r und S und für den Pol zwischen q und P gefunden wird. Auf diese Art wird man sich dem wahren Orte des Pols P immer mehr nähern und denselben so genau bestimmen können, daß der Fehler für nichts zu achten ist. Dann ergibt sich auch der wahre Ort des Stern in S, folglich dessen Refraktion St und die Refraktion des Pols Pp. Hat man einmal diese letztere bestimmt, so läßt sich daraus die Refraktion aller andern Sterne finden und man ist im Stande, Refraktionstafeln für alle Höhen über den Horizont zu verfertigen. Hierbei kommt ein merkwürdiges Verhältniß zu Statten, daß sich nämlich für Höhen, die nicht zu klein sind, also etwa von 20° bis zum Zenith, die Refraktionen wie die Tangenten des Abstandes eines Sterns vom Zenith verhalten.

Am Horizont ist die Strahlenbrechung am größten und beträgt 32′ 54″, nimmt aber dann schnell ab, so daß sie für 1° Höhe nur noch 24′ 30″ und in der Höhe von 45° nur 57″ ausmacht. In der Höhe von 70° beträgt sie noch 21″ und von da an wird sie bis zum Zenith für jeden Grad um 1″ kleiner.

§. 134.

Durch die Strahlenbrechung wird bewirkt, daß Sonne, Mond und alle Sterne länger über dem Horizont sichtbar bleiben, als es eigentlich sein sollte; daß man daher an diametralisch entgegengesetzten Punkten der Erde einen und den nämlichen Stern zugleich über dem Horizont sehen kann, in dem einen über dem westlichen, in dem andern über dem öst-

lichen; daß in den den Polen benachbarten Gegenden Sterne gar nicht unterzugehen scheinen, die doch eigentlich $1\frac{1}{2}$ Stunde unter dem Horizont verweilen; daß in den kalten Zonen die Sonne mehrere Tage lang noch über dem Horizont erscheinen kann, wenn sie in der That schon unter demselben steht; daß Sonne und Mond am Horizont eine ovale, nicht aber eine kreisförmige Gestalt haben, weil der obere Rand gegen den untern hinabgedrückt wird, also die Seitenränder mehr ausgedehnt erscheinen. Ist nämlich ein Weltkörper noch 33′ unter dem Horizont, so geht er wegen der Strahlenbrechung schon für uns auf, oder steht noch 33′ über dem Horizont, wenn er eigentlich schon untergeht. Ist also z. B. Fig. 65. Z unser Zenith, N das Nadir und FH der Horizont und steht uns der Stern m noch 33′ über dem westlichen Horizont, so wird er von dem Nadir N schon im Punkte H, also im östlichen Horizont, im Aufgehen begriffen erblickt, und steht er bei uns etwa noch 15′ über H, so erblickt ihn N schon 18′ hoch über dem Horizont. Da der scheinbare Durchmesser der Sonne etwa 32′ beträgt, so wird sie für uns schon ganz aufgegangen sein, wenn ihr oberster Rand erst den Horizont zu berühren anfängt. Unsere Antipoden und Nebenwohner werden sie also mit uns zugleich am Himmel sehen. Da die scheinbare Umdrehung des Himmels in 4 Minuten einen Grad oder 60′ beträgt, so wird unter dem Aequator, wo alle Tagekreise senkrecht auf den Horizont sind, die Sonne 2 Minuten früher und eben so viel später auf- und untergehen, als es wirklich der Fall ist, so daß der Tag dadurch um 4 Minuten verlängert wird. Nördlich und südlich vom Aequator, wo die Tagekreise den Horizont unter immer schiefern Winkeln schneiden, beträgt diese Zunahme der Tageslänge noch mehr (bei uns etwa 8 bis 10 Minuten), so daß unter hohen Breiten die Sonne wohl eine halbe Stunde früher auf- und später untergehen kann. Folgende Tafel zeigt für verschiedene Breitengrade und Declinationen der Sonne, um wie viel Minuten sie früher auf- oder später untergeht.

Grade der Breite	Grade der Declination der Sonne.				
	0	10	15	20	$23\frac{1}{2}$
0	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4
10	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5
20	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6
30	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9
40	2,9	3,0	3,1	3,3	3,4
50	3,4	3,5	3,7	4,0	4,3
55	3,9	4,0	4,4	4,9	5,5
60	4,5	4,7	5,2	6,2	7,5
62	4,8	5,1	5,7	6,9	9,0
64	5,1	5,5	6,3	8,1	12,2
66	5,5	6,0	7,1	10,1	27,0
$66\frac{1}{2}$	5,6	6,1	7,4	10,8	

Bei besondern Beschaffenheiten der Atmosphäre kann die Strahlenbrechung bei uns sogar bis über 45 Minuten im Bogen steigen. Noch veränderlicher ist sie in der kalten Zone, wo die Luft durch die Kälte noch mehr verdichtet und also ihre brechende Kraft vermehrt wird. In der Nachbarschaft der Pole kann die Sonne 2 bis 3 Tage früher über dem Horizont erscheinen und eben so viel länger über demselben verweilen. Dieses würde noch mehr betragen, wenn die Sonne nicht gerade zu der Zeit, wo sie durch den Aequator geht, also für den Pol erst sichtbar wird, ihre Declination am merklichsten änderte, nämlich täglich über 23 Minuten. Eine eigene Erscheinung hatten holländische Schiffer, die im Jahre 1597 auf Nova Zembla unter 70 Grad Breite überwinterten. Denn die Sonne, welche ohne Strahlenbrechung erst den 10. Febr. über den Horizont treten sollte, erschien ihnen schon den 24. Januar, also 16 Tage früher, und endete so die lange Winternacht. Damals aber war die Sonne zur Mittagszeit noch $4\frac{1}{2}$ Grad unter dem Horizont; die Strahlenbrechung mußte also, wenn die Beobachtung ganz richtig ist, vielleicht wegen besonderer Beschaffenheit der Atmosphäre, $4\frac{1}{2}$ Grad betragen. Vermöge der Strahlenbrechung ist es auch möglich, daß man den Vollmond am Ost- und die Sonne am Westhorizont zugleich erblicken kann, und findet zur nämlichen Zeit eine Mondfinsterniß Statt, so hat man das auffallende, sonst unbegreifliche Schauspiel, den verfinsterten Mond und die helle Sonne zu gleicher Zeit über dem Horizont zu erblicken.

Noch auffallender ist folgende Erscheinung. Wenn der

Mond für den wahren Horizont aufgeht, so steht er noch 60′ oder 1 Grad unter dem scheinbaren; die Parallaxe macht ihn also um 60′ niedriger, als er sein würde, wenn auch für ihn der scheinbare und wahre Horizont in Eins zusammenfiel, wie für die Fixsterne. Da nun die Strahlenbrechung ihn zugleich um 33′ erhöhet, so erscheint der Mond im Ganzen nur 27′ niedriger. Gesetzt also, der obere Rand des Mondes habe sich 28′ über den wahren Horizont erhoben, so wird derselbe, vermöge der Strahlenbrechung, schon 1′ hoch über dem scheinbaren Horizont erscheinen, und befindet sich nun ein Fixstern im wahren Horizont, also zugleich auch im scheinbaren, so steht derselbe wirklich 28′ unter dem Monde, aber vermöge der Strahlenbrechung erscheint er 33′ über dem Horizont, also 32′ höher als der Mond.

§. 135.

Daß Sonne und Mond bei ihrem Auf- und Untergange eine nach oben zu eingedrückte Gestalt zeigen, erklärt sich so aus der Strahlenbrechung. Steht nämlich der untere Rand dieser Weltkörper gerade im Horizont, so ist derselbe durch die Strahlenbrechung um 33′ erhöhet, der obere Rand aber, welcher 30 bis 32′ vom untern entfernt ist, erleidet eine geringere Refraktion, nämlich nur von 28′; es steht also dieser Rand nur 28′ höher, und dadurch wird folglich der auf dem Horizont senkrechte Durchmesser des Weltkörpers um 5′ verkürzt, während der horizontale Durchmesser wegen seiner gleichen Höhe über den Horizont überall einerlei Refraktion erleidet, also unverändert bleibt. Der letztere behält also seine Größe von 30 bis 32′, der erstere aber hat nur eine Größe von etwa 26 bis 27′, folglich kann die Gestalt nicht kreisförmig, sondern muß plattgedrückt erscheinen.

Wie man schon aus Fig. 129. sieht, ist auch die Strahlenbrechung die Ursache, daß die tägliche Bewegung der Sterne um den Pol nicht vollkommen kreisförmig erscheint. Die Sterne z. B., welche nicht untergehen, werden, wenn sie nördlich vom Pole stehen, durch die Strahlenbrechung über den Horizont erhöhet, also dem Pole näher gerückt, während sie bei der obern Culmination entweder in ihrem wahren Orte gesehen werden, wenn sie durch das Zenith gehen, oder doch demselben sehr nahe sind, oder ebenfalls etwas höher über den Horizont erscheinen, also vom Pole entfernter, wenn

ihr Abstand vom Zenith bedeutend ist. Auf ähnliche Art entfernen sich auch die Bahnen der untergehenden Sterne vom wahren Kreisbogen.

Durch die Strahlenbrechung wird endlich auch die Morgen- und Abendweite der Sonne am Horizonte verändert, wie folgende Tafel zeigt, wonach die am Ende des Werks befindliche, zu §. 112. gehörige Tafel zu berichtigen ist.

Nördl. u. südl. Declination d. Sonne.	Grade der nördlichen oder südlichen Breite.							
	0	10	20	30	40	50	60	$66\frac{1}{2}$
Grade.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Min.	Gr. M.	Gr. M.
0	0	6	12	19	28	39	0 56	1 16
2	0	6	12	19	28	39	0 56	1 16
4	0	6	12	19	28	39	0 56	1 17
6	0	6	12	19	28	39	0 57	1 19
8	0	6	12	19	28	40	0 58	1 21
10	0	6	12	19	28	40	1 0	1 24
12	0	6	12	19	28	41	1 2	1 28
14	0	6	12	20	29	42	1 4	1 35
16	0	6	12	20	29	43	1 6	1 45
18	0	6	12	20	29	44	1 10	2 1
20	0	6	12	20	30	45	1 17	2 28
22	0	6	13	20	31	47	1 26	3 41
$23\frac{1}{2}$	0	6	13	21	32	49	1 36	

Um so viel Minuten und Grade, als die Tafel angibt, wird nämlich die Morgen- und Abendweite vermehrt, wenn die Breite und die Declination der Sonne gleichnamig, d. h. beide nördlich oder beide südlich sind. Um eben so viel aber wird sie vermindert, wenn Breite und Declination ungleichnamig sind, die eine südlich, die andere nördlich.

§. 136.

Die Eigenschaft der Atmosphäre, das Licht zu brechen und zurückzuwerfen, ist auch die Ursache der so wohlthätigen Dämmerung. Ohne dieselbe würde mit dem Auf- und Untergange der Sonne Tag und Nacht plötzlich wechseln, und unsere Sehorgane müßten eine ganz andere Einrichtung haben, wenn sie, ohne zu erblinden, diesen schnellen Wechsel sollten ertragen können. Ohne dieselbe würde auch die Zeit der Helligkeit beträchtlich vermindert werden, weil mit jedem Sonnenuntergange sogleich die Nacht, und der Tag nicht

eher, als mit dem Erscheinen der Sonne über dem Horizont eintreten würde. Das schöne Farbenspiel der Morgen- und Abendröthe würden wir ganz entbehren, selbst am Tage würde der Himmel uns nicht blau, sondern dunkelschwarz erscheinen. Das sieht man aus den Berichten der Reisenden, welche sehr hohe Berge erstiegen. Sie befanden sich auf dem Gipfel in weit dünnern Luftschichten, als unten auf der Ebene; diese dünne Luft hatte schon sehr von ihrer strahlenbrechenden und zurückwerfenden Kraft verloren. Der Himmel erschien ihnen daher tief schwarzblau und warf das Licht nur so schwach zurück, daß man da, wo man von der Sonne nicht unmittelbar beschienen ward, die Sterne erster Größe und helle Planeten mitten am Tage sehen konnte. Diese Dämmerung läßt sich nun auf folgende Art erklären:

Es sei der Kreis um **C** (Fig. 130.) die Erde, der punktirte die Grenze der sie umgebenden Atmosphäre. Die Erde drehe sich nach der Ordnung der Buchstaben **ABDE** um sich selbst. Die Strahlen, welche von der Sonne auf die Erde fallen, wie **SB**, **SE**, sind alle einander parallel wegen der weiten Entfernung derselben. In dem Augenblicke also, wo die Sonne für den Ort **B** untergeht, also unter seinen scheinbaren Horizont **dg** tritt, geht sie für den entgegengesetzten Ort **E** auf oder tritt über dessen scheinbaren Horizont **u**, und umgekehrt. Der letzte Strahl, der wirklich noch das Bild der Sonne nach **B** brachte, müßte ohne Strahlenbrechung genau im Horizonte **BS** liegen, aber vermöge der Strahlenbrechung kann die Sonne schon etwas unter dem Horizont in **t** stehen und ihr Strahl **tx** wird doch noch durch die Brechung nach **B** gelangen. Eben so ist es bei dem Aufgange in **E**. Man müßte eigentlich erst die Sonne durch den Strahl **ES** sehen, aber man sieht sie schon, wenn sie in **v** ist, durch den Strahl **vy**, der in der Atmosphäre nach **E** zu so gebrochen wird, als ob er aus **S** käme. Indem nun also die Sonne für **B** untergeht, treffen noch Strahlen derselben die obern Theile der Atmosphäre in dem ganzen Raume von **g** bis **d**, so daß **d** der äußerste Punkt an der obern Grenze der Atmosphäre ist, der noch erleuchtet wird. Man sieht, daß dieser Punkt da ist, wo der scheinbare Horizont die Atmosphäre schneidet. In dem ganzen obern Bogen der Atmosphäre **gad** sieht man also noch die Sonne etwas über dem Horizont, aber immer weniger, je

weiter man nach **d** zu kommt, und in **d** selbst steht sie am Horizont. Auf den Erdbogen von **B** bis **G** gelangen nun reflektirte Strahlen von diesem erleuchteten Theile der Atmosphäre, aber von einem immer kleinern Theile derselben, je weiter man sich von **B** nach **G** zu entfernt, z. B. nach **c** nur noch von dem Raume **dnam**, nach **e** noch von **dna**, nach **h** noch von **dn**. In dem Raume **B** bis **G** herrscht also Dämmerung, die aber immer schwächer wird, je weiter man nach **G** zu kommt. Nach **G** endlich selbst gelangt durch Reflexion der letzte Lichtstrahl der erleuchteten Atmosphäre; hier hört also die Abenddämmerung in dem Augenblicke auf, wo für **B** die Sonne untergeht, denn der letzte Reflexionsstrahl liegt in dem scheinbaren Horizont **Gd** des Ortes **G** selbst. Gerade so ist es auch beim Aufgehen der Sonne für den Punkt **E**. Wenn die Sonne über den scheinbaren Horizont **u** von **E** tritt, so erblickt sie der ganze obere Theil der Atmosphäre schon über dem Horizont, aber immer weniger, je weiter ein Punkt derselben nach **f** zu liegt; für **f** steht sie gerade am Horizont. Auf den Erdbogen von **E** bis **H**, der unter dem Horizont **fu** liegt, können nur reflektirte Strahlen aus dem obern erleuchteten Theile der Atmosphäre gelangen und zwar immer weniger, je weiter ein Punkt desselben nach **H** zu liegt, z. B. nach **p** nur noch von dem Raume **klof**, nach **q** von **lof**, nach **r** von **of** und nach **H** also bloß noch von dem Punkte **f**, weil dieser im scheinbaren Horizont von **H** liegt. In dem ganzen Raume von **E** bis **H** ist also Dämmerung, die aber nach **H** zu immer schwächer und schwächer wird, und im Punkte **H** selbst also beginnt. Da nun dieses für alle Punkte der Erdfläche gilt, die von der Erleuchtungsgrenze **BE**, für welche die Sonne überall in demselben Augenblicke aufgeht, gleich weit entfernt sind, so bildet sich längs derselben um die ganze Erde eine noch erleuchtete Zone, deren eine der Sonne zugekehrte Grenze **BE** selbst, die andere der damit parallel gehende Kreis **GH** (in der Figur als gerade Linie vorgestellt) ist, welcher der Dämmerungskreis genannt wird, weil er den Anfang und das Ende der Dämmerung bezeichnet. In der Figur ist der Deutlichkeit der vorigen Erläuterung wegen diese Zone viel zu breit gezeichnet worden, daher ist dieselbe nochmals in Fig. 131. nach richtigerem Verhältnisse vorgestellt. Es ist also daselbst **BEGH** diese Dämmerungs-

zone. Ohne Strahlenbrechung und Reflexion wäre bloß die Halbkugel **BDE** von der Sonne erleuchtet und **BE** schiede den hellen Tag und die dunkle Nacht. So aber wird das Sonnenlicht noch bis **GH** reflektirt und die völlige Nacht fängt erst jenseits **GH** an. Die Dämmerungszone selbst ist nach **BE** zu am stärksten, nach **GH** zu aber immer schwächer erleuchtet, so daß sich hier zuletzt das Licht in den Schatten verliert. Nach den Beobachtungen hört die Dämmerung jedesmal auf, wenn sich die Sonne ungefähr 18 Grad tief unter dem Horizont befindet, also wenn in der 130. Figur der Winkel **LDS** oder beim Aufgange der Winkel **MfS** ungefähr 18° beträgt; denn es ist wahrscheinlich, daß dieser Winkel sich nicht immer ganz gleich bleibt, sondern nach Beschaffenheit der Atmosphäre etwas kleiner oder größer werden kann. Dieser Winkel ist nun eben so groß, als der Winkel **GCB**, durch welchen der Bogen **GB** oder die Breite der Dämmerungszone bestimmt wird. Zieht man nämlich in der Figur noch die Linie **GF** parallel mit **ds**, so ist der Winkel **dGF = Lds**. Es ist aber im Dreiecke **CGI** der Winkel **GIC** ein rechter, also auch die beiden andern **IGC** und **ICG** zusammen ein rechter, und da nun **IGd** und **IGC** zusammen auch einen rechten ausmachen, so ist **IGC + IGd = IGC + GCI**, folglich offenbar der Winkel **IGd = GCI** und daher auch der Winkel **Lds = GCI**. Eben so wird auch für den Aufgang bewiesen, daß **HCO = MfS** ist. Daher ist dann die Breite des Dämmerungskreises, oder der Bogen **GB** oder **HE** auch 18 Grade. Wenn sich also die Sonne in senkrechter Richtung 18 Grade unter unserem Horizont befindet, so hört Abends die Dämmerung auf und Morgens fängt dieselbe an. Auch ist klar, daß in demselben Augenblicke, wo der erste Lichtstrahl den östlichen Horizont bei uns berührt, also der erste Lichtstrahl nach **f** gelangt, wenn unser Wohnort der Punkt **H** ist, die Sonne für einen andern Punkt der Erde **E**, der nach der Richtung, wo der erste Lichtstrahl im östlichen Horizont erscheint, 18° senkrecht unter unserem Horizont liegt, gerade aufgeht. Eben so wird der letzte Dämmerungsstrahl für einen Ort **G** in **d** Abends verschwinden, wenn die Sonne für einen Ort **B**, der nach der Richtung, wo der letzte Lichtschimmer am westlichen Horizont erblickt wird, 18° senkrecht unter dem Horizont liegt, im Untergehen begriffen ist. Hat man am Himmel die Weltgegend

bestimmt, wo der erste oder letzte Dämmerungsschimmer sich zeigt, so kann man auf einer künstlichen Erdkugel den Ort finden, wo in dem Augenblicke die Sonne auf- oder untergeht. Man suche nämlich auf dem hölzernen Horizont derselben die Weltgegend auf, bringe seinen Wohnort genau in die Mitte der Kugel oder ins Zenith und lege nun durch den Ort einen größten Kreis nach der bemerkten Weltgegend hin, so daß derselbe senkrecht auf dem Horizont steht. Mißt man nun auf diesem Kreise vom Orte aus 18 Grade ab, so hat man den verlangten Ort gefunden.

§. 137.

Mit der Dämmerung ist nun zugleich das schöne Farbenspiel der Morgen- und Abendröthe verbunden, weil mit dem Brechen und Reflektiren der Sonnenstrahlen zugleich ein Zerstreuen des weißen Lichts in seine Farben verbunden ist. Dies geschieht nun ganz den Gesetzen gemäß, die wir §. 131. kennen gelernt haben. Die rothen Strahlen werden am wenigsten, die violetten am meisten, d. h. erstere am schwersten, letztere am leichtesten gebrochen und reflektirt. Die rothen Strahlen weichen daher am wenigsten von dem wahren Orte des Sonnenbildes ab, sie zeigen sich unten am westlichen oder östlichen Horizont, wo die Sonne untergegangen ist, oder aufgehen will. Zunächst höher steht das Orange, dann das hellere Gelb. Die grüne Farbe ist nur bisweilen deutlich wahrzunehmen, da sie sich bald mit der folgenden hellblauen vermischt, die bis zum Zenith heraufsteigt, dann immer dunkler wird und zuletzt am entgegenstehenden Horizont das Violette bildet. Von diesen Farben verschwindet nun nach Sonnenuntergange das Roth zuerst, dann allmählig das Orange. Das Dunkelviolette und Blaue zieht sich immer mehr herauf und vermischt sich nach Osten zu mit dem heraufsteigenden grauen Schatten; das Gelbe in Westen wird immer blässer, bis endlich der graue Flor den ganzen Himmel überzieht und die Dämmerung ihr Ende erreicht. Der entgegengesetzte Gang ist bei der Morgendämmerung. Der graue Schatten, mit dem Violetten vermischt, weicht immer weiter nach Westen zurück, in Osten zeigt sich zuerst Weißgelb, das allmählig dunkler wird und höher heraufsteigt; ihm folgt das Orange und endlich, wenn die Sonne bald aufgehen will, die rothe Farbe. In dieser Farbe erscheint

auch die Sonne selbst noch beim Auf- und Untergehen. Die Wolken am Himmel zeigen rothe, goldene, blaßgelbe, schwarzblaue Farben, je nachdem sie von diesen oder jenen Strahlen erleuchtet werden. So dient denn also das Brechen, Reflectiren und Farbenzerstreuen der Lichtstrahlen auch, um auf der Erde und den andern Planeten die Abende und Morgen zu verschönern und das Scheiden des Lichtes uns zu versüßen, oder seine Ankunft vorher zu verkünden. So umglänzt noch den guten Menschen, wenn er hinüber scheidet, der gebrochene Strahl des reinen Lichtes, das sein Inneres erleuchtet, und das heitere ruhige Antlitz des Todten ist ein Bürge der Empfindungen von Seligkeit, mit denen sein Geist die irdische Hülle verließ, um in den höhern Glanz eines himmlichen Lichtes sich einzutauchen und das Leben mit der Unsterblichkeit zu wechseln.

§. 138.

Durch die Dämmerung wird die Zeit der Helligkeit auf der Erde bedeutend vermehrt. In Europa beträgt diese Vermehrung im Durchschnitt täglich etwa 4 Stunden. Außerdem ist in unsern Gegenden von der Mitte des Mai bis zum Ende des Juli die Dämmerung die ganze Nacht durch dauernd, weil die Sonne in dieser Zwischenzeit von 70 Tagen selbst um Mitternacht noch keine 18 Grad unter dem Horizont hinabgesunken ist. Die Breite oder Polhöhe von Dessau ist ungefähr 52 Grad, die Aequatorshöhe also 38 Grad. Ist nun Fig. 132. der Punkt **Z** das Zenith von Dessau, **HR** der Horizont, **N** der Nordpol, **AQ** der Aequator, **BD** die Ekliptik, **DE** der Wendekreis des Krebses und also auch der Tagekreis der Sonne am längsten Tage, so ist der Bogen **RD** ihre größte Tiefe unter dem Horizont an diesem Tage. Nun ist $\mathbf{QD} = 23\frac{1}{2}°$, $\mathbf{QR} = 38°$, folglich $\mathbf{DR} = \mathbf{QR} - \mathbf{QD} = 38° - 23\frac{1}{2}° = 14\frac{1}{2}°$. So tief steht also die Sonne alsdann unter dem Horizont, folglich $3\frac{1}{2}°$ weniger als 18°. Um also zu finden, welche Declination die Sonne haben müsse, um gerade die Tiefe von 18° zu erreichen, so ist in der Figur $\mathbf{Re} = 18°$ gegeben und man sucht **Qe**. Es ist aber $\mathbf{Qe} = \mathbf{QR} - \mathbf{eR} = 38° - 18°$, also $= 20°$. Wenn daher die Sonne eine nördliche Declination von 20° hat, und dies ist nach der Mitte des Mai der Fall, so fängt die beständige Dämme-

rung an und dauert, bis die Sonne bei ihrer Rückkehr vom Wendekreise wieder die Declination von 20° erreicht hat. Man findet also für jeden Ort der Erde die Tiefe der Sonne unter dem Horizont am längsten Tage, wenn man ihre größte Declination = $23\frac{1}{2}°$ von der Aequatorshöhe desselben abzieht, und man findet die Declination der Sonne für den Tag, wo die beständige Dämmerung anzufangen und aufzuhören beginnt, wenn man 18° von der Aequatorshöhe abzieht. Für eine Breite von 60°, wie z. B. Petersburg, ist die Aequatorshöhe 30°, folglich die Tiefe der Sonne unter dem Horizont am längsten Tage = 30 — $23\frac{1}{2}$ = $6\frac{1}{2}°$. Daselbst kann man also um Mitternacht noch beinahe lesen. Der Anfang und das Ende der Dämmerung aber ist, wenn die Sonne eine Declination von 30 — 18 = 12° hat. Fragt man, unter welchem Breitengrade die beständige Dämmerung sich zuerst zu zeigen anfängt, der Bogen **RE** gerade 18° beträgt, so wird in der Figur der Bogen **QR** gesucht. Da nun **QR** die Aequatorshöhe eines solchen Ortes, **QD** aber die Declination der Sonne = $23\frac{1}{2}°$ und **RD** = 18° ist, so erhält man **QR** = $23\frac{1}{2}$ + 18 = $41\frac{1}{2}°$, also die Polhöhe oder Breite des Ortes selbst = 90° — $41\frac{1}{2}$ = $48\frac{1}{2}°$. Unter diesem Grade der Breite beginnt also die beständige Dämmerung sich zu zeigen und von da an findet sie für alle Oerter der Erde bis zum Polarkreise Statt.

§. 139.

Die kürzesten Morgen- und Abenddämmerungen fallen für einen Ort der Erde alsdann, wenn die Sonne am schnellsten eine Tiefe von 18° unter dem Horizont erreicht. Dies geschieht bei uns am Ende des Februar und in der Mitte des October, und diese kürzeste Dämmerung dauert 1 Stunde 59 Minuten. Die kürzeste Dämmerung auf der Erde überhaupt findet unter dem Aequater Statt und zwar zur Zeit der Aequinoctien, wo ihre Dauer 1 Stunde 12 Minuten beträgt. Nach den Polen zu werden die Morgen- und Abenddämmerungen immer länger und vermindern so jenseits der Polarkreise die Dauer der langen Winternacht beträchtlich. Für den Pol selbst ist der Aequator der Horizont; daselbst ist also 18° Tiefe unter dem Horizont so viel als 18° Declination von entgegengesetzter Benen-

nung mit dem Pole, also für den Nordpol 18° südliche und für den Südpol 18° nördliche Declination. Jene erreicht die Sonne auf ihrer Bahn vom Steinbock bis zum Krebse den 29sten Januar und vom Krebse bis zum Steinbock den 13ten November. Für den Nordpol fängt daher die Morgendämmerung an den 29sten Januar und dauert bis zum Aufgange der Sonne am 20sten März, die Abenddämmerung aber beginnt mit dem 23sten September und endet den 13ten November. Von diesem Tage bis zum 29sten Januar ist also völlige Abwesenheit des Sonnenlichts. Diese eigentliche Nacht wird aber durch den einen großen Theil derselben hindurch dauernden Mondschein und die häufigen Nordlichter erhellet.

Man pflegt von der astronomischen Dämmerung noch die körperliche zu unterscheiden. Diese beginnt und hört auf, wenn die Sonne etwa $6\frac{1}{2}°$ unter dem Horizont steht, weil sich bei dieser Tiefe der Dämmerungskreis durch das Zenith zieht und man in ziemlich frei liegenden Wohnungen alsdann des Abends genöthigt ist, Licht anzuzünden. Die Dauer dieser Dämmerung ist für Dessau im Juni etwa 1 Stunde, im März und October aber nur 40 Minuten.

Aus der Größe des Winkels, um welchen die Sonne unter dem Horizont stehen muß, wenn die Dämmerung beginnen und enden soll, läßt sich die Höhe derjenigen Punkte des Luftkreises berechnen, welche fähig sind, die Sonnenstrahlen noch so zu brechen und zu reflectiren, daß sie auf die Erde gelangen können. Es sei (Fig. 130.) G unser Wohnort. In dem Augenblicke, wo uns der letzte Strahl der Abenddämmerung in d verschwindet, geht die Sonne für einen Ort B, der 18° oder 270 Meilen von uns absteht, unter. Auch umgekehrt in dem Augenblicke, wo die Sonne für den Ort G im Punkte w über den östlichen Horizont tritt, erblickt der Bewohner von B den ersten Strahl der Morgendämmerung in d. Es steht also d eben so weit von C als von B ab, und wenn man die Linie DC zieht, so ist e die Mitte des Bogens GB und der Winkel $dCB = \frac{1}{2} GCB = 9°$. Nun kennt man in dem rechtwinklichten $\triangle$ dBC den rechten Winkel bei B, den Halbmesser der Erde $BC = 859\frac{1}{2}$ Meile und den Winkel $BCd = 9°$, also kann man die Hypothenuse dC finden, denn es verhält sich Cosin. BCd : Sin. tot. = BC : dD. Die Rechnung

gibt dC = 870$\frac{1}{5}$ Meile. Zieht man davon den Erdhalbmesser eC ab, so bleiben 10$\frac{7}{10}$ Meilen für de übrig. Derjenige Umkreis der Atmosphäre also, wo sie noch dicht genug ist, die Lichtstrahlen zu brechen und zu reflectiren, befindet sich also 10 bis 11 Meilen über der Erde. Damit ist aber noch nicht die ganze Höhe der Atmosphäre bestimmt, denn wahrscheinlich erstreckt sich diese noch viel weiter über die Erde hinaus, nur daß sie jenseits jener Grenze zu dünn wird, um noch durch die Erleuchtung der Sonne uns sichtbar zu werden.

§. 140.

Der Himmel, der, wie wir bei Erörterung des Unterschiedes zwischen wahrem und scheinbarem Horizont gezeigt haben, als ein ungeheures Gewölbe erscheint, in dessen Mittelpunkte sich die Erde befindet, die aber gegen ihn nur als ein unmerklicher Punkt zu betrachten ist, sollte von uns in Form einer hohlen Halbkugel gesehen werden, aber dies ist nicht der Fall. Auch wenn derselbe ganz heiter ist, so daß wir wirklich von Dünsten und Wolken nicht gehindert werden, einen Blick in die unendlichen Räume desselben zu thun, so erscheint er uns doch nur als ein über uns sehr flach gedrücktes und nach dem Horizonte zu sich weit ausdehnendes Gewölbe. Die blaue Farbe desselben am Tage rührt eben so wie das Farbenspiel der Dämmerung von dem Brechen und Reflectiren der Sonnenstrahlen in dem Luftkreise her, der die Erde allenthalben umgibt. Durch diesen Luftkreis blicken wir also erst in den unendlichen Raum jenseits desselben und dieser muß uns also als eine Projection auf das Gewölbe dieses Luftkreises erscheinen. Daher denn die zum Theil nicht ganz unwahre Täuschung, als ob der Raum über uns wirklich ein solides Gewölbe von blauer Farbe wäre; was uns nämlich so erscheint, ist die Erdatmosphäre selbst, die zwar als durchsichtiger Körper unsichtbar ist, aber doch, da sie keinesweges zu den ganz vollkommen durchsichtigen Materien gezählt werden kann, etwas sichtbar werden muß, sobald unser Auge durch die ganze, viele Meilen betragende Dicke dieser Luftsphäre dringen soll. Die hinter einander befindlichen Luftmassen erscheinen uns daher nothwendig als etwas Solides und verursachen so die Täuschung, als ob ein festes Gewölbe sich über uns ausspanne. In

dem unendlichen Raume jenseits dieser Atmosphäre befinden sich die andern Himmelskörper in größerem oder geringerem Abstande von der Erde, aber doch keiner so nahe, daß er nicht weit jenseits der Luftgrenze liegen sollte. Wir sehen diese Himmelskörper durch die Strahlen, welche sie durch die Atmosphäre zu unserem Auge senden. Wir müssen sie also da an dem Gewölbe des Lufthimmels wahrnehmen, wo diese Strahlen in die Atmosphäre eintreten, und so muß denn jeder Weltkörper als eine Projection an dem scheinbaren Himmelsgewölbe erscheinen. Daher denn die Täuschungen, daß Sonne und Mond am Horizont viel größer gesehen werden, als wenn sie hoch am Himmel im Meridian sich befinden, daß die Sterne am Horizont viel weiter aus einander stehen, als wenn sie mehr heraufgerückt sind. Es sei Fig. 133. der Punkt **A** unser Wohnort auf der Erde, der scheinbare Horizont desselben die Linie **DE**, der punktirte Kreisbogen **GFH** über **A** die obere Grenze der Atmosphäre, so weit, als wir in **A** davon erblicken können. Dieser über **A** sichtbare Theil der Atmosphäre ist also ein Kugelsegment, dessen Höhe **AF**, die abschneidende Ebene aber **GH** ist. Offenbar ist uns der Punkt **F** näher, als die Punkte **G** und **H** am Horizont; es kann uns daher schon nicht befremden, wenn wir den Lufthimmel nach dem Horizont zu mehr ausgedehnt erblicken, als nach dem Zenith hin. Aber diese größere Ausdehnung wird nun durch eine Täuschung noch sehr vermehrt. Wir sind einmal gewohnt, die scheinbare Entfernung der Gegenstände nach der Entfernung der dazwischen liegenden bekannten Gegenstände abzuschätzen. Befindet sich zwischen unserm Auge und einem entfernten Gegenstande kein anderer, so glauben wir denselben uns allemal näher, als wenn mehrere Objekte dazwischen liegen, die uns als Maßstab zur richtigern Abschätzung der Entfernung dienen können. Zwischen unserm Auge und dem obern Theile der Atmosphäre befindet sich aber nichts, was einen solchen Maßstab zur Beurtheilung des Abstandes darbieten könnte, desto mehr Gegenstände aber liegen zwischen dem Auge und dem Horizont. Wir halten also den Rand desselben, d. h. den Durchschnitt des Horizonts mit der Kugelfläche des Luftkreises noch für weit entfernter, als er wirklich ist, dagegen aber die obere Grenze für viel näher, als sie in der That von uns absteht. Darum sehen wir

denn die Atmosphäre nicht als ein Kugelsegment, wie **GFH**, sondern als ein sehr platt gedrücktes Gewölbe, wie **DBE**, so daß **DA** uns fast 4mal größer erscheint, als **AB**. Da nun, wo der scheinbare Lufthimmel sich an den scheinbaren Horizont anschließt, in **D** und **E**, muß sich auch der sphärische leere Raum, in dem die Himmelskörper sich befinden, anzuschließen scheinen, und während diese wirklich in Form einer Halbkugel nach allen Seiten von **A** abstehen, müssen sie uns an dem Gewölbe **DBE** vertheilt erscheinen und von uns so gesehen werden, wie sie nach den Regeln der Perspective sich an demselben darstellen. Gesetzt also, zwei Sterne stehen überall, wo sie sich auch an der Sphäre befinden mögen, um die gleichen Bogen **DO** = **MN** = **LK** = **IC** von einander entfernt, so werden uns diese gleichen Bogen an dem scheinbaren Himmelsgewölbe sehr ungleich erscheinen, nämlich am Horizont **DO** als **Dr**, weiter herauf **NM** als **qp**, noch weiter herauf **LK** als **on** und am Zenith **IC** als **mB**. Es müssen also diese Sterne am Horizont weit aus einander zu stehen, nach dem Zenith zu aber sich einander immer mehr zu nähern und im Zenith selbst den kleinsten Abstand zu haben scheinen. Mißt man mit Instrumenten den Abstand solcher Sterne von einander, so findet man ihn am Horizont nicht größer, als am Zenith, wie es auch sein muß; denn man mißt jetzt nicht die scheinbaren Bogen **Dr**, **qp** u. s. w., sondern die Winkel **DAO**, **NAM**, **LAK**, **IAC**, welche alle einander gleich sind, da sie gleiche Bogen an der Sphäre zum Maße haben. So erklärt sich denn auch, warum Sonne und Mond am Horizont uns so groß und im Meridian viel kleiner erscheinen. Es sei **DO**, **NM**, **LK**, **IC** der Bogen, den der Mond oder die Sonne wirklich an der Sphäre einnimmt, so erscheint uns dieser Bogen am Horizont als **Dr**, in größerer Höhe als **qp**, in noch größerer als **on**, und in der größten Höhe, die sie erreichen können, als **mB**. Eigentlich müßte uns der Mond am Horizont kleiner als im Zenith erscheinen, da er alsdann um den Halbmesser der Erde weiter von uns absteht, welches bei seiner geringen Entfernung von uns schon von Bedeutung ist, und wirklich findet man auch, wenn man die Gesichtswinkel **DAO** und **IAC** mißt, den letztern etwas größer als den erstern, aber seine scheinbare Größe bleibt dennoch am Horizont beträchtlicher, als am Zenith.

§. 141.

Ist der Himmel mit Wolken bedeckt, so wird dadurch die scheinbare Abplattung desselben noch mehr vergrößert, obgleich weniger, als es eigentlich wegen der geringen Höhe der Wolken der Fall sein sollte. Gesetzt, eine Wolkendecke befinde sich in der Entfernung Aa über dem Horizont, so daß sie den Kreisbogen dae bildet, so werden wir diese Wolkendecke etwa als DbE sehen, denn im Zenith können wir, weil ein Maßstab fehlt, nicht so genau unterscheiden, wie viel a niedriger als B über A ist; wir setzen also, durch den Anblick des heitern Himmels verwöhnt, a höher an, als es wirklich ist, und halten es nur für wenig niedriger als B. Die Grenze am Horizont bleibt aber ungefähr die nämliche, die Wolkendecke wird uns also auch etwa bis D und E zu reichen scheinen und die Gestalt von DbE annehmen. Dies wird nämlich der Fall sein, wenn durch die Wolken uns keiner von den Gegenständen verdeckt wird, die sich bei heiterem Himmel zwischen dem Auge und dem Horizont befanden. Ist dies freilich der Fall, so wird der Rand des Horizonts uns allerdings näher gerückt und der Himmel bekommt wieder ein anderes Ansehen. Es läßt sich berechnen, wie weit eine Wolke am Horizont, wenn deren Höhe bekannt ist, von unserem Standpunkte entfernt sein müsse. Ist z. B. Fig. 130. der Punkt B unser Standort und am Horizont d eine Wolke, die, wenn sie über uns stände, die Entfernung aB von B hätte, so ist aB = de und folglich in dem bei B rechtwinklichten Dreiecke dBc die Seite BC als der Halbmesser der Erde, die Seite dC als die Entfernung der Wolke vom Mittelpunkte der Erde = dem Halbmesser Cd + der Höhe der Wolke de, desgleichen der rechte Winkel bei B bekannt. Es läßt sich also finden 1) der Winkel dCB oder der Bogen da, welchen die Wolke vom Horizont bis zum Zenith zurücklegt, wenn sie sich von d nach g über uns weg bewegt, durch die Proportion dC : BC = Sin. tot. : Cosin. dCB, und 2) die Linie dB oder die Entfernung der Wolke von B durch die Proportion Sin. tot. : Sin. dCB = dC : dB. Setzen wir z. B. die Höhe einer Wolke gleich einer halben Meile, so gibt die Rechnung den Winkel dCB = 1° 57′ 20″. So groß ist also wirklich der Kreisbogen, den sie von d bis a beschreibt, der Bogen von d bis g also doppelt so groß oder 3° 54′ 40″.

Die Wolke, die sich von d bis g bewegt, legt also in der Entfernung, in welcher sie sich vom Mittelpunkte der Erde befindet, nur einen Bogen dg = 3° 54′ 40″ oder von beinahe 4 Graden zurück; scheinbar aber bewegt sie sich Fig. 133. von D bis E und scheint uns also die ganze Hälfte der Himmelskugel oder volle 180° zu durchlaufen. Die Weite dB wird durch die Rechnung beinahe 30 Meilen gefunden. So weit steht also die eine halbe Meile hohe Wolke, wenn ihr äußerster Rand so eben bei d über den Horizont tritt, von unserm Standorte B ab und ihr ganzer Weg von d bis g beträgt also beinahe 60 Meilen. Es sind aber wohl die meisten Wolken niedriger als $\frac{1}{2}$ Meile, und also am Horizont auch weniger von uns entfernt; bei einer Viertelmeile beträgt der Abstand kaum 20 Minuten.

Zehnter Abschnitt.

Von den verschiedenen Bestimmungen der Zeit. Sternzeit und ihre Verwandlung in Bogen des Aequators und umgekehrt. Wahre und mittlere Sonnenzeit. Wahre und mittlere Bewegung der Sonne in der Ekliptik. Wahre und mittlere Länge. Epoche. Gleichung des Mittelpunktes. Mittlere Bewegung der Sonne, auf den Aequator reducirt. Von der Zeitgleichung. Anhang einiger Aufgaben, die Culmination, den Auf- und Untergang der Weltkörper, den Nonagesimus, den Sehungsbogen für einen gegebenen Ort u. s. w. zu bestimmen.

§. 142.

Die Zeit, welche die Sonne nöthig hat, um einen ganzen Umlauf an der Sphäre zu machen, d. h. um wieder an denselben Ort zurückzukehren, wo die Bewegung begonnen hatte, heißt ein Jahr. Um die Größe desselben zu finden, müssen wir zuvörderst eine Einheit suchen, durch deren Vervielfältigung sich dieselbe ausdrücken läßt. Eine solche Einheit ist entweder die Zeit, in der die Sphäre sich einmal um ihre Axe drehet, oder die Zeit von einer Culmination der Sonne bis zur andern. Aus dem Frühern wissen wir schon, daß beide Einheiten nicht einerlei sind. Die Zeit einer einmaligen Umwälzung der Sphäre, d. h. die Zeit von

der Culmination eines Fixsterns bis zur nächsten, ist ungefähr um 4 Minuten kleiner als die Zeit von einer Culmination der Sonne bis zur andern (§. 80.). Die erstere nennt man daher einen Sterntag, die letztere einen Sonnentag. Jener ist immer von gleicher Länge; denn die sorgfältigsten Untersuchungen haben gelehrt, daß das Secundenpendel in der Zeit von einer Culmination eines Fixsterns bis zur andern genau die nämliche Anzahl von Schlägen vollendet. Nur Eins ist zu bemerken. Wegen des Zurückweichens der Aequinoctialpunkte, die jährlich 50″,231 weiter nach Westen rücken, wird der senkrecht unter einem Sterne stehende Punkt des Aequators nach Verlauf eines Jahres nicht wieder zugleich mit dem Fixsterne culminiren, sondern weil er jetzt 50″,231 westlicher steht, um so viel eher, als zu Durchlaufung dieses Bogens Zeit erfordert wird. Da indessen 15″ im Bogen in 1″ Zeit durchlaufen werden, so beträgt der jährliche Unterschied zwischen der Culmination eines Fixsterns und des anfänglich darunter befindlichen Punktes im Aequator nur $3\frac{1}{3}$ Sekunde, ein Unterschied, der erst nach einigen Monaten an der Uhr merklich wird und für den Zeitraum eines Tages ganz aus der Acht gelassen werden kann. Man nennt die Umwälzungszeit der Sphäre von einem Punkte des Aequators bis wieder zu demselben zurück oder, wegen der oben gemachten Bemerkung, die Zeit von der Culmination eines Fixsterns bis zur nächsten, die Zeit der ersten Bewegung *) oder Sterntag. Theilt man nun diese Zeit in 24 Stunden, die Stunde in 60 Minuten und die Minute in 60 Sekunden und bestimmt man darnach ein Sekundenpendel, so daß es innerhalb eines solchen Sterntages genau seine 86400 Schwingungen macht, so kann man nach einer solchen Uhr genau alle Bewegungen der Sterne abmessen und jeden Bogen des Aequators in diese Sternzeit und umgekehrt jede Sternzeit in einen Bogen des Aequators verwandeln. Das Natürlichste ist, den Sterntag mit dem Augenblicke anzufangen, wo der Früh-

*) Der Name erste Bewegung ist von der Vorstellung der Alten von den 8 Sphären hergenommen, nach welcher die erste Sphäre, die alle Fixsterne in sich begriff, durch ihre 24stündige Umwälzung alle übrige Sphären mit sich fortriß und so die Ursache ward, daß auch Sonne, Mond und Planeten sich in dieser Zeit um die Erde dreheten.

lingspunkt oder 0° ♈ durch den Meridian geht. Alsdann zeigt die Uhr 6 Stunden, wenn der Solstitialkolur des Sommers 12 Stunden, wenn der Kolur der Herbstgleiche 18 Stunden, wenn der Solstitialkolur des Winters, und 24 Stunden, wenn der Kolur der Frühlingsgleiche den Meridian passirt. Bei dieser Anordnung wird man die Rectascension jedes Punktes des Aequators vermittelst des Pendels bestimmen können, wenn man die Zeit seiner Culmination mit 15 multiplicirt; umgekehrt wird aus der bekannten Rectascension irgend eines Punkts der Sphäre die Zeit seiner Culmination gefunden werden, wenn man die Rectascension durch 15 dividirt. Es culminire z. B. ein Stern nach der vom Pendel angegebenen Sternzeit um 8 U. 25 M. 38 S., so ist 15 . (8 St. 25 M. 38 S.) = 126° 24′ 30″, folglich dieser Bogen die gesuchte Rectascension des Sterns. Fragt man umgekehrt: wann culminirt ein Stern nach Sternzeit, wenn dessen Rectascension = 244° 18′ 35″ ist, so erhält man den Quotienten $\frac{244° 18' 35''}{15}$ = 16 St. 17 M. 14⅓ S. So viel Zeit verfließt also von der Culmination des Frühlingspunktes bis zur Culmination des Sterns. In astronomischen Tafeln findet man diese Rechnung unter dem Titel: Verwandlung der Zeit der ersten Bewegung in Bogen des Aequators und Verwandlung eines Bogens des Aequators in Zeit der ersten Bewegung. In den diesem Theile beigefügten Tabellen ist die Rectascension der Sonne sogleich in Zeit und nicht in Bogen angegeben, weil alle Rectascensionen ursprünglich durch Zeit gefunden und auch in dieser Form am meisten gebraucht werden, übrigens aber die Reduction leicht ist.

§. 143.

Bestimmt man nun nach Sternzeit die Dauer eines Jahres, so entsteht das Sternjahr oder siderische Jahr, und dies ist die Zeit von der gemeinschaftlichen Culmination der Sonne und eines Fixsterns, bis sie wieder mit demselben Fixstern zusammen culminirt. Beobachtungen und Rechnungen geben die Länge dieses Jahres = 365 Tage 6 St. 9 M. 15 S. Wie dieselbe gefunden werde, wird folgendes Beispiel lehren. Da sich die Culmination eines Sterns, wenn

sie mit der der Sonne zusammenfällt, nicht beobachten läßt, ist es hinlänglich, wenn man nur weiß, wie viel bei der beobachteten Culmination eines Fixsterns der Unterschied seiner Rectascension von der der Sonne beträgt. Dieser Unterschied läßt sich aber aus der Zeit bestimmen, die zwischen beiden Culminationen verfließt. Gesetzt, man habe am 1sten Julius sowohl die Culmination der Sonne, als die eines Fixsterns beobachtet und daraus gefunden, daß die Sonne zur Zeit der Culmination um 157° 31′ 26″ westlich von dem Stern abstand. Den nächstfolgenden 1sten Julius und auch den 2ten wiederholt man nun dieselben Beobachtungen. Am 1sten Julius werde der Unterschied der Rectascensionen = 157° 46′ 36″, am 2ten aber = 156° 47′ 28″ gefunden. Daraus folgt, daß die Sonne in 24 Stunden sich dem Sterne um 59′ 8″ genähert habe. Am 2ten Julius hatte sie den ein Jahr vorher beobachteten Unterschied der Rectascensionen schon überschritten, am 1sten Julius aber noch nicht erreicht; vielmehr mußte sie an diesem Mittage noch 15′ 10″ durchlaufen, ehe sie wieder dieselbe Entfernung vom Sterne hatte. Man hat also die Proportion: Zu 59′ 8″ braucht die Sonne 24 Stunden, wie viel Zeit braucht sie zu 15′ 10″. Die Rechnung gibt 6 St. 9 M. 20 S. Am 1sten Julius waren aber 365 Tage verflossen, addirt man nun die eben gefundene Zeit dazu, so erhält man die Länge des Sternjahres = 365 T. 6 St. 9 M. 20 S. Daß diese Bestimmung von der oben angegebenen um 5 S. abweicht, ist nicht zu verwundern. Durch einmalige Beobachtungen lassen sich nämlich noch keine ganz genaue Resultate erwarten, da kleine Fehler fast gar nicht zu vermeiden sind. Hat man daher bei Bestimmung der Culminationen auch nur um Eine Zeitsekunde sich versehen, so trägt dies im Bogen schon 15″ aus. Da nun die Sonne in einem Jahre fast 360° durchläuft, also ihre Rectascension in 24 Sekunden um 1″ im Bogen ändert, so beträgt jener Fehler von 15″ schon 15 . 24 Zeitsekunden oder 6 Minuten; um so viel wäre also die Länge des Sternjahres unrichtig. Man pflegt daher aus Beobachtungen, die sehr viele Jahre aus einander liegen, diese Länge zu bestimmen. Denn ist nun auch ein Fehler von 6 Minuten begangen worden, so wird doch dieser unter die gebrauchte Anzahl Jahre vertheilt und dadurch für jedes Jahr eben so viel-

mal verkleinert. Gesetzt, beide Beobachtungen lägen 360 Jahre aus einander, so würde ein Fehler von 6 Minuten, auf 360 Jahre vertheilt, für jedes Jahr nur eine Unrichtigkeit von 1″ geben.

§. 144.

Die Sternzeit ist für den astronomischen Gebrauch wegen ihrer Gleichförmigkeit sehr bequem, aber nicht für das bürgerliche Leben, weil der Frühlingspunkt, mit dem das Sternjahr anhebt, nicht immer zu einerlei Zeit culminirt, sondern im Frühlinge des Mittags, im Sommer des Morgens, im Herbste um Mitternacht, und im Winter des Abends. Es muß daher auch der Sterntag in jeder Jahreszeit, ja eigentlich an jedem einzelnen bürgerlichen Tage einen andern Anfang in Beziehung auf die Sonne haben. Man will aber im gewöhnlichen Leben die Uhr nach dem natürlichen, d. h. nach dem Sonnentage richten; man will Morgen zählen, wenn die Sonne aufgeht, Mittag, wenn sie gerade in Süden steht u. s. w., also nicht die Fixsterne, sondern die Sonne soll der Regulator unserer Zeit sein. Diesen Zweck würde man bei der Sonne eben so leicht, wie bei den Fixsternen erreichen, wenn ihre Bewegung vollkommen gleichförmig wäre. Aber dies ist nicht der Fall. Die Sonnenbahn erscheint uns in ihrer Projection an der Sphäre zwar als Kreis, das Frühlings- und Herbstäquinoctium stehen sich diametralisch einander entgegen; denn jedes ist von dem andern 180° entfernt. Es scheint daher, daß eine Linie von dem einen zum andern die Ekliptik genau in 2 Hälften theilen und daß jede derselben von der Sonne in der nämlichen Zeit durchlaufen werden müßte. Aber dies ist nicht so in der Wirklichkeit. Die Zeit vom 21sten März bis zum 23sten Septbr., in der die Sonne von 0° ♈ bis 0° ♎ sich bewegt, ist um einige Tage länger, als die Zeit, in der sie die andere Hälfte von 0° ♎ bis 0° ♈ zurücklegt. Sie muß also in der ersten Hälfte eine langsamere, in der zweiten eine schnellere Bewegung haben; es können daher die Sonnentage, d. h. die Zeiträume von einer Culmination der Sonne bis zur nächstfolgenden, im ganzen Jahre hindurch nicht gleiche Länge haben. Wollte man nun unsere Uhren nach dieser ungleichförmigen Bewegung der Sonne einrichten, so müßten sie nicht nur äußerst künstlich

gebauet sein, sondern sie würden auch unsern Wünschen gar nicht entsprechen. Wir wollen nämlich keine ungleichförmige, sondern eine gleichförmige Eintheilung der Zeit; wir wollen, daß jeder Tag, jede Stunde u. s. w. immer gleiche Länge habe. Soll nun dieses Statt finden, so können wir die Zeiteintheilung nicht genau nach dem wahren Sonnenlaufe richten, sondern wir müssen uns eine mittlere Zeit denken, die zwar von der wahren Sonnenzeit in ihren einzelnen Einheiten abweicht, aber doch nach einer gewissen Periode, also etwa mit jedem Jahre wieder mit derselben zusammentrifft.

§. 145.

Es ist öfters der Fall, daß man sich im gemeinen Leben mit dem mittlern Werth einer Größe begnügen muß. Ein solcher wird dann gesucht, wenn eine Größe veränderlich ist, bald wächst, bald abnimmt, und dieser mittlere Werth muß so beschaffen sein, daß die Größe, wenn sie immer diesen Werth hätte, dieselbe Wirkung hervorbringen könne, welche sie durch ihre veränderlichen Werthe in der nämlichen Zeit wirklich hervorbringt. Gesetzt, in einem Jahre fänden 12 verschiedene Preise des Getreides Statt, theils in steigenden, theils in fallenden Verhältnissen. Es gelte der Wispel 30 thlr., 36, 42, 48, 54, 60, 60, 54, 48, 42, 36, 30 thlr., so fände man den mittlern Preis für diese Zeit, wenn man die Summe der angeführten Werthe durch ihre Anzahl, also durch 12 dividirte. Der Quotient ist $\frac{540}{12} = 45$ thlr., und dies wäre der mittlere Getreidepreis. Wenn Jemand nach jedem der obigen Preise 2 Wspl. gekauft hätte, also zusammen 24 Wspl., so würde seine Ausgabe dafür eben soviel betragen haben, als wenn in der ganzen Zeit der mittlere Preis gewesen wäre. Man sieht aus diesem Beispiele, in welchem wir absichtlich, weil beim Sonnenlaufe etwas Aehnliches Statt findet, die Preise regelmäßig bis zu einem gewissen Maximum steigen und dann nach eben dem Verhältnisse wieder fallen ließen, ob dies gleich zur Auffindung des mittlern Werths gar nicht nothwendig ist, daß die Ungleichheiten oder Anomalien, wie der Astronom sagt, periodisch sein, d. h. in einer gewissen Zeit sich ergänzen oder in dem einen Theil der Periode um eben so

viel den mittlern Werth übertreffen können, als sie in dem andern Theile unter demselben sind. Fände nun bei den Getreidepreisen in jedem folgenden Jahre dasselbe Steigen und Fallen Statt, wie in dem angeführten, so wäre das Jahr der Zeitraum, in dem sich alle Anomalien ausglichen und eine solche Zeit würde die anomalistische Periode heißen können. Kennt man, wie in dem Beispiele, die Dauer derselben, so läßt sich auch jedesmal ein ganz bestimmter mittlerer Werth finden; kennt man sie aber noch nicht, so wird man dem wahren mittleren Werthe sich um so mehr nähern, in je längerer Zeit man die wahren Werthe der veränderlichen Größe mit einander vergleicht, d. h. sie zusammenrechnet und die Summe durch die Anzahl der Werthe dividirt. Man kennt z. B. für die Getreidepreise keine bestimmte anomalistische Periode, in der alle Anomalien sich ausglichen und nach deren Endigung die Reihe der veränderlichen Größen wieder von vorn anfinge, und der Natur der Sache nach kann es auch keine solche Periode geben. Ist daher überhaupt von dem mittleren Getreidepreise in einer bestimmten Gegend die Rede, so wird man diesen desto richtiger finden, je mehr Jahre man zusammen nimmt. Alles das läßt sich nun auf die Bewegung der Sonne anwenden. Diese hat während ihres Umlaufs eine veränderliche Geschwindigkeit und die Wirkung davon ist, daß sie während der Dauer ihrer veränderlichen Bewegung einen gewissen Bogen am Himmel zurücklegt. Der mittlere Werth ihrer Geschwindigkeit wird also die sein, vermöge der sie, wenn sie mit derselben immer gleichförmig fortginge, denselben Bogen in derselben Zeit zurücklegen würde. Wäre das Jahr selbst die anomalistische Periode, so würde man aus der Summirung aller Anomalien während eines Jahres den mittleren Werth ihrer Geschwindigkeit finden und mit derselben würde sie alsdann vollkommen gleichförmig in einem Jahre den ganzen Umlauf von 360° vollenden und zwar so, daß sie im Anfange des zweiten Jahres genau wieder in dem Punkte stände, wo sie am Anfange des ersten war. Aber der Zeitraum eines Jahres ist nicht die anomalistische Periode selbst; man kann daher nicht sagen, daß eine gewisse Anzahl Jahre eine bestimmte Zahl anomalistischer Perioden enthalte, wie denn überhaupt die Länge dieser Periode noch nicht bekannt ist. Man kann also die mitt=

lere Geschwindigkeit nicht vollkommen genau finden; aber man wird sich ihrem Werthe desto mehr nähern, von je mehr Jahren die Anomalien zusammen genommen werden, weil sich der Fehler dann auf mehrere Jahre vertheilt, also sein Einfluß verringert wird. Auf diese Art hat man also eine mittlere Geschwindigkeit für die Sonne gefunden, die alle Anomalien ihres Laufes zur Genüge ausgleicht, und dadurch das Gesetz kennen gelernt, nach dem sich die wahre Bewegung der Sonne richtet. Dadurch ist man auch zur Kenntniß eines mittlern Sonnenjahres gelangt, während dessen die Sonne sich mit der mittlern Geschwindigkeit bewegt und so wieder an den Ort des Himmels kommt, wo die Bewegung anfing. Solche mittlere Jahre sind alle von gleicher Größe, während die wahren Sonnenjahre bald etwas kleiner, bald etwas größer ausfallen werden, doch so, daß am Ende der anomalistischen Periode der wahre Sonnenlauf wieder ganz genau mit dem mittleren übereinstimmt. Man denkt sich also außer der wahren Sonne, die mit ungleichförmiger Geschwindigkeit in der Ekliptik ihren Umlauf macht, eine andere, die wir die mittlere Sonne nennen wollen, welche dieselbe Bahn in derselben Zeit, aber mit vollkommen gleichförmiger Geschwindigkeit beschreibt. Bei dieser mittleren Bewegung, nicht bei der wahren, verhalten sich also die Bogen genau wie die Zeiten, in denen sie beschrieben werden, und wenn daher die mittlere Sonne in der Zeit eines mittleren Jahres volle 360° zurücklegt, so läßt sich daraus die mittlere Bewegung in einem Tage, einer Stunde, Minute und Sekunde finden, wenn man in 360° mit den Tagen, Stunden, Minuten u. s. w., die das Jahr enthält, dividirt.

§. 146.

Wir haben §. 144. die Länge eines Sternjahrs angegeben. Davon ist die Bewegung der Sonne von einem Frühlings- oder Solstitialpunkte bis zum nächsten, überhaupt von einem Punkte der Ekliptik bis wieder zu demselben zurück, wegen des Zurückweichens der Aequinoctien, verschieden. Man nennt diesen Umlauf von einem Punkte der Ekliptik bis wieder zu demselben das tropische Sonnenjahr, weil die Sonne einen Umlauf in der Ekliptik vollendet hat, wenn sie wieder zu demselben Wendekreise (tropi-

schen Kreise) gelangt ist. Dieses Jahr, von dem die Jahreszeiten abhängen und das am leichtesten durch Beobachtungen zu finden ist, ist das älteste astronomische Jahr und liegt dem gemeinen bürgerlichen Jahre zum Grunde. Je weiter auch hier die Beobachtungen aus einander liegen, mit desto mehr Genauigkeit kann die Dauer desselben bestimmt werden, weil der etwa begangene Fehler sich nun auf so viele Jahre vertheilt, als zwischen beiden Beobachtungen verflossen sind. Die Astronomen haben gegenwärtig die Länge desselben = 365 Tagen, 5 Stunden, 48 Minuten und 51,5 Sekunden gefunden. Aus dieser Bestimmung läßt sich durch Berechnung die oben angegebene Länge des Sternjahres finden; denn dieses ist um so viel länger, als das tropische, als die Sonne Zeit gebraucht, um jene 50",231 zu durchlaufen, um welche der Punkt der Ekliptik von dem Fixsterne, mit dem er anfangs zusammen stand, zurückgewichen ist.

Eine oberflächliche Bestimmung des tropischen Jahres zu 365 Tagen hatten die Menschen schon in den ältesten Zeiten gefunden, auch einen ungefähren Ueberschuß von 6 Stunden kannten schon die alten Aegypter. Bei dieser Kenntniß blieb es aber, bis es der neuern Astronomie gelang, diese Länge genauer zu bestimmen. Da ein Ueberschuß von 6 Stunden in 4 Jahren einen Tag beträgt, so führte Julius Cäsar die Schaltperiode von 4 Jahren ein, nach der man drei Jahre hinter einander das Jahr zu 365 Tagen, das vierte aber zu 366 rechnet. Dies ist der sogenannte alte Julianische Kalender. Die Einschaltung ist aber nicht ganz richtig, indem man mit jedem Jahre etwas über 11 Minuten zu viel rechnete. Dieser Fehler verursachte in 130 Jahren doch beinahe einen Irrthum von 1 Tage und in 1300 Jahren von beinahe 10 Tagen. Am Ende des 16ten Jahrhunderts war also derselbe so merklich, daß der Papst Gregor XIII. im Jahre 1582 eine Verbesserung des Kalenders einzuführen für nöthig fand. Es wurden zu dem Ende im October 10 Tage weggelassen und diesem nur 21 Tage gegeben, und da der Fehler in 100 Jahren etwa $\frac{3}{4}$ Tag beträgt, so traf man die Einrichtung, die bisherige Einschaltungsart zwar beizubehalten, in dem Raume von 4 Jahrhunderten aber 3 Schalttage wegzulassen, so daß 1700, 1800, 1900, die eigentlich Schaltjahre sein,

gemeine Jahre bleiben sollten. Diese Verbesserung des bürgerlichen Jahres nennt man den Gregorianischen Kalender. Er wurde sogleich in allen katholischen Ländern angenommen, während die Protestanten aus religiösen Vorurtheilen noch den Julianischen beibehielten, bis sie endlich im Laufe des 18ten Jahrhunderts denselben ebenfalls einführten. Nur in Rußland rechnet man noch nach dem Julianischen, so daß unser 13te Januar daselbst der 1te ist.

§. 147.

Da das tropische Jahr 365 T. 5 St. 48 M. 51,5 S. enthält, in welcher Zeit die Sonne 360° an der Sphäre vollendet, so läßt sich daraus die Bewegung der Sonne im Zeitraume eines Tages, einer Stunde, Minute u. s. w. finden, wenn man nach der Regel de tri auffetzt: 365 T. 5 St. 48 M. 51,5 S. verhalten sich zu 360°, wie 1 Tag (1 St., 1 M., 1 S.) zu dem Bogen, den die Sonne in dieser Zeit zurücklegt. Die Rechnung gibt 59′ 8″,329 für 1 Tag; 2′ 27″,847 für 1 Stunde; 2″,464 für 1 Minute, und 0″,04106 für 1 Sekunde. Umgekehrt braucht die Sonne 24,3546 Sekunden Zeit, um 1″ im Bogen, 24 M. 21,27 Sek. um 1′ und 24 St. 21 M. 16,56 Sek. um 1° im Bogen zurückzulegen. So wie aber das tropische Jahr nur ein mittleres ist, so sind auch diese Bewegungen in 1 Tage, 1 Stunde u. s. w. nur mittlere, und die wahre Sonne legt bald mehr, bald weniger in diesen Zeiträumen zurück.

§. 148.

Die wahre Bewegung der Sonne in der Ekliptik gibt ihre wahre, die mittlere die mittlere Länge. Erstere wird der wahren Sonne während ihrer Bewegung in der Ekliptik zukommen, letztere der mittleren Sonne. Die wahre Länge wird ungleichförmig, die mittlere immer gleichförmig zunehmen, letztere daher bald größer, bald kleiner, als die erstere sein. Die wahre Länge findet man durch Beobachtung, die mittlere durch Rechnung, indem man zu irgend einer bekannten mittleren Länge die mittlere Bewegung im Bogen addirt. Man muß daher die Zeit wissen, welche zwischen der bekannten mittleren Länge und der gesuchten verstrichen ist, und diese Zeit nun vermöge der obigen mittleren Bewegung in einen Bogen verwandeln. Gesetzt, die

mittlere Länge ist in irgend einem Zeitpunkte = 1 Z. 13° 25′ 38″ = 43° 25′ 38″, wie groß ist sie, wenn 3 Wochen 5 T. 17 St. 28 M. 35 S. = 26 T. 17 St. 28 M. 35 S. verstrichen sind. Die mittlere Bewegung in 1 Tage ist 59′ 8″,329, also in 26 T. = 25° 37′ 36″,554; in 1 St. war sie gleich 2′ 27″,847, also in 17 St. = 41′ 53″,399; in 1 M. war sie = 2″,464, also in 28 M. = 1′ 8″,992; in 1 S. war sie = 0″,04106, also in 35 S. = 1″,437. Es ist also in der angegebenen Zeit die mittlere Bewegung der Sonne in Bogen = 25° 37′ 36″,554 + 41′ 53″,399 + 1′ 8″,992 + 1″,437 = 26° 20′ 40″,382. Addirt man nun diesen Bogen zu der gegebenen mittleren Länge, also zu 43° 25′ 38″, so kommt die mittlere Länge der Sonne am Endpunkte der gegebenen Zeit = 69° 46′ 18″, 382 = 2 Z. 9° 46′ 18″,382. Eine zu einer gewissen Zeit bekannte mittlere Länge dient zur Epoche in der Berechnung des Sonnenlaufs. Aus einer solchen Epoche kann man also, wie obiges Beispiel zeigt, jede andere mittlere Länge sowohl vor, als nach der Epoche finden, indem man im erstern Falle die mittlere Bewegung von der Epoche abzieht, im andern Falle dazu addirt. Das Finden einer bequemen Epoche ist daher von der größten Wichtigkeit. Darüber läßt sich aber erst in der Folge sprechen, wenn wir die wahre Bahn der Sonne (eigentlich der Erde) kennen gelernt haben. Der Unterschied der wahren und mittleren Länge heißt die Gleichung des Mittelpunkts, eine Benennung, deren Grund sich auch erst bei der Lehre von der wahren Beschaffenheit der Sonnenbahn ergeben wird.

§. 149.

Da die wahre Bewegung der Sonne bald größer, bald kleiner, als die mittlere, bald ihr gleich ist, so wollen wir annehmen, die mittlere und wahre Sonne befinden sich in Einem Punkte der Ekliptik, haben also gleiche mittlere und wahre Länge, und fangen ihre Bewegung in Einem Augenblicke von diesem Punkte an. Wir wollen ferner setzen, die Geschwindigkeit der mittleren Sonne sei größer, als die der wahren, und die Geschwindigkeit der letztern habe in dem gemeinschaftlichen Anfangspunkte der Bewegung ihren kleinsten Werth, so wird sie auch von diesem Augenblicke an anfangen zu wachsen. Sie wird zwar hinter der mittleren im-

mer noch zurückbleiben, und die Unterschiede der wahren und mittleren Längen, die im Anfange der Bewegung = 0 waren, werden wachsen; aber dieses Wachsen wird nur bis zu dem Punkte dauern, wo die Geschwindigkeit der wahren Sonne der der mittleren gleich geworden ist; dann hat der Unterschied der Längen oder die Gleichung des Mittelpunkts den größten Werth, und von jetzt an werden die Unterschiede wieder kleiner, weil die Geschwindigkeit der wahren Sonne von nun an größer wird, als die der mittleren. Das Abnehmen der Unterschiede dauert nun so lange fort, bis sie endlich = 0 werden, d. h. bis die wahre und mittlere Sonne wieder in Einem Punkte der Ekliptik zusammenkommen, also gleiche Länge haben. In diesem Punkte hat die wahre Sonne die größte Geschwindigkeit, und diese wird also von jetzt an wieder anfangen abzunehmen, ob sie gleich immer noch größer bleibt, als die der mittleren Sonne, so daß die wahre Sonne der letztern voraneilen wird und die Unterschiede beider Längen wieder wachsen werden. Dieses Wachsen wird dauern, bis die Geschwindigkeit der wahren Sonne durch stetiges Abnehmen der der mittleren wieder gleich geworden ist. Alsdann hat der Unterschied der wahren und mittleren Länge oder die Gleichung des Mittelpunkts wieder den höchsten Werth erlangt; denn, da nun die wahre Bewegung wieder kleiner wird, als die mittlere, so nehmen die Unterschiede der Längen ab und dies dauert, bis sie = 0 geworden sind, die mittlere und wahre Sonne wieder in Einem Punkte der Ekliptik zusammentreffen und die Geschwindigkeit der letztern ihren kleinsten Werth erlangt hat und nun wieder zuzunehmen anfängt. Man sieht aus dieser Betrachtung, daß die Gleichung des Mittelpunkts oder der Unterschied der Längen zu der wahren Länge bald addirt, bald davon subtrahirt werden muß, um die mittlere zu finden, und daß die entgegengesetzte Operation aus der mittleren Länge die wahre gibt. Die Gleichung des Mittelpunkts ist daher auch eine Hauptbestimmung in der Astronomie; das Nähere werden wir bei Betrachtung der wahren Sonnenbahn darüber sagen.

§. 150.

Wir haben im Vorigen gesehen, daß das mittlere Sonnenjahr durch die gleichförmige Bewegung der mittleren

Sonne in der Ekliptik bestimmt werde. Die Einheit desselben ist der mittlere Sonnentag, d. h. die Zeit von einer Culmination der mittleren Sonne bis zur andern. Ob nun aber gleich die mittlere Sonne die Ekliptik gleichförmig durchläuft, so werden dadurch doch noch nicht gleich lange mittlere Sonnentage bewirkt werden; denn die tägliche Umwälzung der Sphäre geschieht wohl längs dem Aequator gleichförmig, aber nicht längs der Ekliptik, da diese dem Aequator nicht parallel ist, so daß, während von diesem immer gleich große Bogen durch den Meridian gehen, von der Ekliptik bald größere, bald kleinere denselben passiren werden. Wir wollen uns daher noch eine dritte Sonne, die wir die eingebildete nennen wollen, vorstellen und dieselbe sich gleichförmig im Aequator bewegen lassen. Wie nun die Bewegung der letztern sich zur Bewegung der mittleren Sonne in der Ekliptik verhalten werde, wird Fig. 134. deutlich machen. Es sei also **KAF** der Aequator, **N** und **S** seine Pole, **KGF** die Ekliptik, **K** und **F** ihre Durchschnittspunkte mit dem Aequator, **NGAS** der Kolur des Sommersolstitiums und **NOMS** der des Wintersolstitiums. In **K** steht die Sonne sowohl im Aequator, als in der Ekliptik; von da aus fangen also die mittlere und eingebildete Sonne ihre Bewegung zugleich an. Ist nun die erstere etwa bis **H** gekommen, so ist **NHIS** ihr Declinationskreis und **KI** ihre Rectascension. Es hat sich also ihr Rectascensionspunkt **I** im Aequator durch den Bogen **KI** bewegt, während die mittlere Sonne in der Ekliptik den Bogen **KH** zurückgelegt hat. Da nun in dem Dreiecke **KIH** bei **I** ein rechter, bei **H** ein spitzer Winkel ist, so ist (§. 12. Nr. 26.) der Bogen **KH** größer als **KI**. Macht man nun **KE = KH**, so wird die Aequatorssonne, da sie mit der mittleren in gleich viel Zeit auch gleich viel Grade zurücklegt, bis nach **E** kommen, während die Sonne der Ekliptik nach **H** gelangt. Sie wird also erst in **E** culminiren, die mittlere Sonne aber um den Bogen **EI** früher. Letztere ist daher schneller, denn sie erreicht den Meridian früher; ihr Sonnentag ist daher kürzer, als der der Aequatorssonne. Gelangen beide Sonnen zu dem Kolur des Sommersolstitiums, so culminiren sie in einem Augenblicke, denn der Kolur ist jetzt mit dem Declinationskreise der Sonne in **G** einerlei und der Rectascensionspunkt der mittleren Sonne ist **A**, der eben so 90°

von K absteht, als G, weil KG und KA beide Quadranten sind. In dem Augenblicke also, wo die Sonne der Ekliptik nach G gelangt ist, ist auch die Aequatorssonne nach A gekommen. Letztere hat also die erstere eingeholt, denn vorher war die mittlere Sonne der eingebildeten voraus. Die Geschwindigkeit der mittleren muß daher in Beziehung auf den Aequator abgenommen haben und kleiner als die der Aequatorssonne geworden sein, weil sonst kein Einholen möglich wäre. Die Bewegung der mittleren Sonne ist also zwar in der Ekliptik gleichförmig, aber in Beziehung auf den Aequator ungleichförmig. In dieser Hinsicht ist sie anfangs schneller als die Aequatorssonne und eilt ihr voraus, so daß der Unterschied beider Bewegungen wächst. Dieses Wachsen erreicht dann ein Maximum, wenn die Geschwindigkeit der Aequatorssonne der der mittlern gleich geworden ist; denn von da an wird die Geschwindigkeit der letztern kleiner, der Unterschied nimmt ab und verschwindet im Kolur des Sommersolstitiums, wo die Geschwindigkeit der mittleren ihren kleinsten Werth erlangt hat und wieder zuzunehmen anfängt. Indessen bleibt jenseits des Kolurs die Aequatorssonne immer noch schneller. Dann, wenn die der Ekliptik nach D kommt, so ist NDBS ihr Declinationskreis; sie culminirt also, wenn der Punkt B des Aequators im Meridian steht. Der Bogen AB ist aber größer, als GD, weil der Winkel GDB stumpf, also größer als der rechte ABD ist. Macht man nun den Bogen AP = GD, so ist die Aequatorssonne in der Zeit, wo die mittlere nach D kam, nach P gekommen und culminirt folglich früher, als jene, macht also ihren Sonnentag kürzer, weil sie schon um den Bogen PB über den Meridian hinaus ist, wenn jene erst Mittag macht. Nach dem Herbstkolur NFS gelangen beide Sonnen wieder zu gleicher Zeit, weil sowohl GF als AF Quadranten sind, die mittlere Sonne also in dem Augenblicke in F culminirt, wo die Aequatorssonne in F im Meridian steht. Die Sonne der Ekliptik hat also die eingebildete wieder eingeholt, der Unterschied ihrer Bewegungen ist = 0 geworden und muß daher, wie oben, zwischen G und F ein Maximum gehabt haben, wo beide Sonnen gleiche Geschwindigkeit hatten. In F hat die mittlere Sonne ihre größte Geschwindigkeit, welche aber von da an wieder abnimmt. Doch bleibt sie anfangs noch schneller, als die ein-

gebildete. Denn in dem Quadranten FM vom Herbstpunkte bis zum Wintersolstitium kommt sie z. B. nach L, und culminirt mit dem Punkte R im Aequator. Es ist aber wegen des rechten Winkels bei R und des spitzen bei L in dem Dreiecke FRL der Bogen FL größer als FR. Macht man nun FQ = FL, so ist die Aequatorssonne in dem Augenblicke bis Q gekommen, wo die der Ekliptik nach L gelangte; diese culminirt mit R zugleich, erstere aber in Q, also um den Bogen RQ später, und daher ist der Sonnentag der eingebildeten Sonne länger, als der der mittleren. Aber diese bleibt gegen die erstere nun immer mehr zurück und läßt sich in M von derselben einholen. Es hat daher wieder zwischen F und M einen größten Unterschied gegeben, wo beider Geschwindigkeit gleich gewesen war. Von da an ist die Geschwindigkeit der mittleren Sonne kleiner geworden, als die des Aequators, und so konnten beide zu gleicher Zeit nach M und O gelangen und in Einem Augenblicke culminiren. In M hat die Geschwindigkeit der mittleren Sonne ihren kleinsten Werth und fängt nun wieder an zuzunehmen, bleibt aber noch eine Zeitlang gegen die Aequatorssonne zurück und legt nur den Bogen MT zurück, während ihr Rectascensionspunkt von O bis U rückt. Macht man nun OV = MT, so ist die Aequatorssonne in V, wenn die der Ekliptik in T steht; erstere culminirt also um den Bogen VU früher, als letztere und ihr Tag ist daher kürzer. Aber da beide Sonnen in K wieder zusammenkommen, so hat die Sonne der Ekliptik die andere wieder eingeholt, und zwischen M und K muß es wieder ein Maximum des Unterschiedes gegeben haben, wo beide Sonnen gleiche Geschwindigkeit hatten, und von wo an die Geschwindigkeit der Sonne der Ekliptik wieder größer wurde, als die des Aequators, bis sie in K ihren größten Werth erlangt und die Bewegung wieder von vorn beginnt. Nennt man die Quadranten in der beschriebenen Ordnung den ersten, zweiten, dritten und vierten, so erhellet, daß im 1. und 3. Quadranten die mittlere Sonne der eingebildeten, im 2. und 4. aber letztere der erstern voraus eilt.

Nur die Aequatorssonne macht daher vollkommen gleiche Sonnentage, weil ihre Bewegung mit der Bewegung der Sphäre ganz homogen ist. Während die mittlere Sonne in der Ekliptik einen Umlauf von 0°♈ bis wieder zu 0°♈

macht, macht sie einen im Aequator zwischen denselben Punkten. Beide Sonnen laufen in ihren Bahnen vollkommen gleichförmig und jede legt in einem Tage 59′ 8″,329 zurück, aber während der Rectascensionspunkt der Sonne im Aequator mit dieser selbst immer einerlei Ort hat, wird der Rectascensionspunkt der Sonne in der Ekliptik bald schneller, bald langsamer sich bewegen, und so ist also der Ausdruck zu verstehen, daß die mittlere Sonne, die doch in der Ekliptik gleichförmig fortgeht, in Beziehung auf den Aequator sich ungleichförmig bewege. Die mittlere Zeit kann daher nicht durch die mittlere Sonne der Ekliptik, sondern nur durch die Sonne des Aequators bestimmt werden, und ein mittlerer Sonnentag ist also die Zeit von einer Culmination der eingebildeten Sonne bis zur andern. In dieser Zeit gehen vom Aequator 360° 59′ 8″,329 durch den Meridian, in einer Stunde also 15° 2′ 27″,847, in einer Minute 15′ 2″,464, in einer Sekunde 15°,04106. Vermöge dieses Gesetzes kann man jeden Bogen des Aequators in mittlere Sonnenzeit, so wie diese in jenen verwandeln. Man nennt dieses in astronomischen Tafeln die Verwandlung der mittleren Sonnenzeit in Theile des Aequators, und umgekehrt. Indem sich nun 360° 59′ 8″,329 durch den Meridian fortschieben, verfließt eine Sternzeit von 24 St. 3 M. 56,555 S., folglich sind 24 Stunden mittlerer Sonnenzeit = 24 St. 3 M. 56,555 S. Sternzeit und umgekehrt 24 St. Sternzeit = 23 St. 56 M. 4,09075 Sec. mittlerer Sonnenzeit, wie sich aus dem Aufsatze ergibt; 24 St. 3 M. 56,555 S. mittl. Sonnenz. : 24 St. mittl. Sonnenz. = 24 St. Sternz. : 23 St. 56 M. 4,09075 mittlerer Sonnenzeit. Der mittlere Sonnentag ist also um 3 M. $56\frac{1}{2}$ S. Sternzeit länger, als der Sterntag und der Sterntag um 3 M. 55,9 S. Sonnenzeit kürzer, als der Sonnentag. Die Sphäre macht daher einen ganzen Umlauf in 23 St. 56 M. 4,09075 S. mittlerer Sonnenzeit und so groß ist folglich die Zeit, in der die Erde sich einmal um sich selbst drehet. Man findet die Verwandlung der einen Zeit in die andere in den astronomischen Tafeln unter der Rubrik: Voreilung der Fixsterne in mittlerer Sonnenzeit und Verspätung der mittleren Sonne in Sternzeit. Sie sind berechnet aus den Gleichungen : 1 St. mittlerer Sonnenzeit = 1 St. 0 M. 9,856 S. Sternzeit und

1 St. Sternzeit = 59 M. 50,17044 S. mittlerer Sonnenzeit.

§. 152.

Wir haben also dreierlei Zeit kennen gelernt: wahre Sonnenzeit, mittlere Sonnenzeit und Sternzeit.

Die wahre Zeit wird für jeden Ort der Erde durch die Lage der wahren Sonne gegen den Meridian des Orts, so wie die mittlere Zeit durch die Lage der eingebildeten Sonne gegen denselben bestimmt. Es ist wahrer Mittag, wenn die wahre Sonne culminirt, es ist 1, 2, 3 Uhr Nachmittag in wahrer Zeit, wenn sie 15°, 30°, 45° des Aequators westlich vom Meridian steht, also ihre westlichen Stundenwinkel eben so groß sind; es ist in wahrer Zeit 13, 14, 22, 23 oder 1, 2, 10, 11 Uhr Vormittags, wenn der östliche Stundenwinkel 165°, 150°, 30°, 15° ist. Auf eben die Art findet sich die mittlere Sonnenzeit aus dem Stundenwinkel der Sonne im Aequator und aus diesem wieder jene. Die Astronomen fangen jeden Tag mit der Culmination desjenigen Weltkörpers an, durch dessen Umlauf er gemessen wird, den Sterntag also, wenn der Frühlingspunkt, den wahren und mittleren Sonnentag, wenn die wahre und eingebildete Sonne im Meridian stehen. Der erste Tag des Jahres beginnt daher astronomisch den 1. Januar Mittags und so alle folgende Tage. Ist der westliche Stundenwinkel des Frühlingspunktes = 100°, der wahren Sonne = 91°, der eingebildeten = 89°, so ist es nach Sternzeit 6 Uhr 40 M., nach wahrer Sonnenzeit 6 Uhr 4 M. und nach mittlerer Sonnenzeit 5 Uhr 56 M. Es kommt also alles auf den Bogen des Aequators oder den Stundenwinkel an, der zwischen dem Frühlingspunkte (von dem alle Bewegungen anfangen) und den Mittelpunkten der wahren und eingebildeten Sonne liegt. Dieser Bogen wird in mittlere Sonnenzeit verwandelt, weil nach dieser Alles in der Astronomie gerechnet wird. Man erhält die wahre oder mittlere Sonnenzeit, wenn man den westlichen Stundenwinkel der wahren oder eingebildeten Sonne durch 15 dividirt und den Quotienten zum Mittage addirt, oder wenn man den östlichen Stundenwinkel durch 15 dividirt und den Quotienten von 24 abzieht. Es sei der westliche Stundenwinkel = 75°, 120°, 210°, so ist die zugehörige Zeit = 5 St., 8 St., 14 St., welche zum Mittage oder 0 St. addirt, geben 5 Uhr,

8 Uhr, 14 Uhr oder 5 Uhr, 8 Uhr Abends und 2 Uhr nach Mitternacht. Es sei der östliche Stundenwinkel = 60°, 105°, 150°, so ist die zugehörige Zeit 4 St., 7 St., 10 St. oder es ist 20 Uhr, 17 Uhr, 14 Uhr vom vorigen Mittag an gerechnet, oder 8 Uhr, 5 Uhr, 2 Uhr, Vormittags. Den Unterschied der wahren und mittlern Sonnenzeit findet man, wenn man den zwischen den Mittelpunkten der wahren und eingebildeten Sonne eingeschlossenen Bogen des Aequators durch 15 dividirt. Ist nämlich, z. B. der westliche Stundenwinkel der wahren Sonne = a, und der westliche Stundenwinkel der mittlern Sonne = b, so ist die zum erstern gehörige wahre Zeit = $\frac{a}{15}$ und die zum letztern gehörige mittlere Zeit = $\frac{b}{15}$ also der Unterschied beider Zeiten = $\frac{a}{15} - \frac{b}{15} = \frac{a-b}{15}$. Es wird aber a bestimmt durch die Rectascension der wahren und b durch die Rectascension der eingebildeten Sonne, folglich ist der Bogen a — b auch gleich dem Unterschiede der Rectascensionen der wahren und eingebildeten Sonne, und da die Rectascension der Sonne im Aequator gleich ist der Länge der mittlern Sonne in der Ekliptik, so ist der Unterschied der wahren und mittlern Sonnenzeit gleich dem Unterschiede der Rectascension der wahren Sonne und der Länge der mittlern, dividirt durch 15. Diesen Unterschied nennt man in der Astronomie die Zeitgleichung. Die mittlere Länge findet man aus der Epoche und der mittlern Bewegung (§. 148.); die wahre Rectascension entweder aus unmittelbarer Beobachtung, oder wenn man zur mittlern Länge die Gleichung des Mittelpunkts addirt (ebenfalls §. 148.), woraus die wahre Länge sich ergibt, aus welcher dann die wahre Rectascension berechnet, und dadurch zugleich der Ort der wahren Sonne auf den Aequator reducirt wird. Es besteht also die Zeitgleichung sowohl aus der Gleichung des Mittelpunkts, als aus der Reduction des wahren Orts der Sonne auf den Aequator. Die Zeitgleichung zur mittlern Zeit addirt gibt die wahre Zeit und durch das entgegengesetzte Verfahren findet man die mittlere Zeit aus der wahren. Astronomische Tafeln erleichtern alle diese Berechnungen.

In sofern die Zeitgleichung aus der Gleichung des Mit-

telpunkts besteht, hängt sie von der anomalistischen Periode und von der Entfernung der Sonne von demjenigen Punkte ab, wo die wahre Länge der mittleren gleich ist, also die Anomalie verschwindet. In so fern sie aus der Reduction des wahren Orts der Sonne auf den Aequator besteht, hängt sie von der Entfernung der Sonne vom Frühlingspunkte, also von ihrer Länge ab; denn in diesem Punkte fällt die Ekliptik mit dem Aequator zusammen und die Reduction auf denselben ist = 0. Die Zeitgleichung müßte also eigentlich von da an gerechnet werden, wo der Frühlingspunkt mit dem Punkte, wo die wahre Länge der mittlern gleich ist, zusammenfällt, die wahre und eingebildete Sonne also beide in demselben stehen, denn alsdann wäre die Zeitgleichung, sowohl in Beziehung auf die anomalistische Periode, als auf die Reduction des Orts der Sonne auf den Aequator, daher vollkommen = 0. Die Epoche aber, wo dies geschah, war vor mehr als 6000 Jahren; denn der Punkt, wo wahre und mittlere Länge zusammenfallen, ist gegenwärtig an 100 Grade vom Frühlingspunkte entfernt. Von jenem Zeitpunkte an müßte man also die Zeitgleichung rechnen und so ihren Werth für die folgenden Zeittheile bestimmen. Diese strenge Rechnung ist aber nicht nöthig, da man das Gesetz für das Verhältniß der wahren und mittlern Länge kennt und also für jede Zeit ihren Unterschied und die Reduction des Orts der Sonne auf den Aequator berechnen kann. Bisweilen heben sich beide Theile der Zeitgleichung gegenseitig auf, so daß dieselbe ganz verschwindet. Dies geschieht viermal im Jahre, in der Mitte des April und Juni, am Anfange des September und gegen das Ende des December. Alsdann fällt wahre und mittlere Zeit zusammen. Im Anfange des November und gegen die Mitte des Februar hat die Zeitgleichung ihren größten Werth. In dem erstern Zeitpunkte werden 16 M. 16 S. zur mittlern Zeit addirt, um die wahre zu finden; in dem letztern werden 14 M. 34 S. von derselben abgezogen. In den astronomischen Ephemeriden ist für jeden Tag eines Jahres die mittlere Zeit im wahren Mittage angegeben. Da der Tag astronomisch mit der Culmination der Sonne beginnt, so zählt man alsdann 0 Uhr und von da an die Tagesstunden fort bis 24, ohne, wie im bürgerlichen Leben, den Tag in 2 Hälften zu theilen und in jedem bis 12 zu zählen. Die bürgerlichen Zeiten 6. Jan.

um 12 U., 3 U., 12 U. Mitternacht, und 7. Jan. früh um 2 U., 10 U. sind daher nach astronomischer Rechnung der 6. Jan. 0 U., 3 U., 12 U., 14 U., 22 U. und der bürgerl. 6. Jan. Vormittags um 6 U., 9 U., 11 U. ist der 5. Jan. um 18 U., 21 U., 23 U. Der Unterschied der mittlern Zeit von 12 oder 0 Uhr ist die Zeitgleichung des Tages, positiv, wenn der wahre Mittag eher, negativ, wenn er später, als der mittlere fällt. Eine Uhr zeigt die mittlere Zeit richtig, wenn sie im Augenblicke der Culmination des Sonnenmittelpunkts die Zeit der Ephemeriden angibt. Nimmt die mittlere Zeit von einem Tage zum andern zu, so daß die Zeitgleichung wächst, so braucht die Aequatorssonne mehr Zeit zum täglichen Umlaufe, ist also langsamer, als die wahre, im Gegentheile aber weniger und ist schneller. Gegenwärtig ist vom 11. Febr. bis zum 15. Mai die mittlere Sonne schneller als die wahre, vom 15. Mai bis zum 27. Juli langsamer, dann bis zum 3. November wieder schneller und von da bis zum 11. Febr. wieder langsamer.

§. 153.

Am Ende dieses Theiles sind 2 Tabellen beigefügt, beide für das Jahr 1831 und aus dem Berliner Jahrbuche entlehnt, daher im strengsten Sinne nur für den Berliner Meridian gültig. Die erstere enthält die mittlere Zeit im wahren und die Sternzeit im mittlern Mittage, die andere die Rectascension und Declination der Sonne im wahren und ihre Länge im mittlern Mittage. Durch Reductionen lassen sich die Zahlen beider Tabellen auf andere Meridiane und Tagesstunden bringen, so wie jede gegebene mittlere Zeit in Sternzeit und wahre und umgekehrt verwandeln. Diese Rechnungen wollen wir gegenwärtig zeigen.

A. Reduction auf andere Meridiane.

Der Meridian eines Orts ist von dem der Tabelle (Berlin) entweder nach Osten oder nach Westen hin abweichend. Die Längen werden immer von Westen nach Osten gezählt, welche Richtung wir positiv nennen wollen. Der Unterschied einer gewissen Länge von einer bestimmt angenommenen kann in Beziehung auf diese negativ werden. Ist z. B. die Länge von Berlin = 31° 3′ 9″, die Länge eines östlich gelegenen Ortes aber 45° 27′ 8″, so ist 31° 3′ 9″

— 45° 27′ 8″ = — 14° 23′ 59″ und so bei jedem andern östlichern Orte, weil dann die Richtung des Orts nach Berlin hin von Osten nach Westen geht; dagegen ist der Unterschied von westlich gelegenen Oertern positiv, weil von diesen die Richtung nach Berlin mit der allgemeinen übereinstimmt.

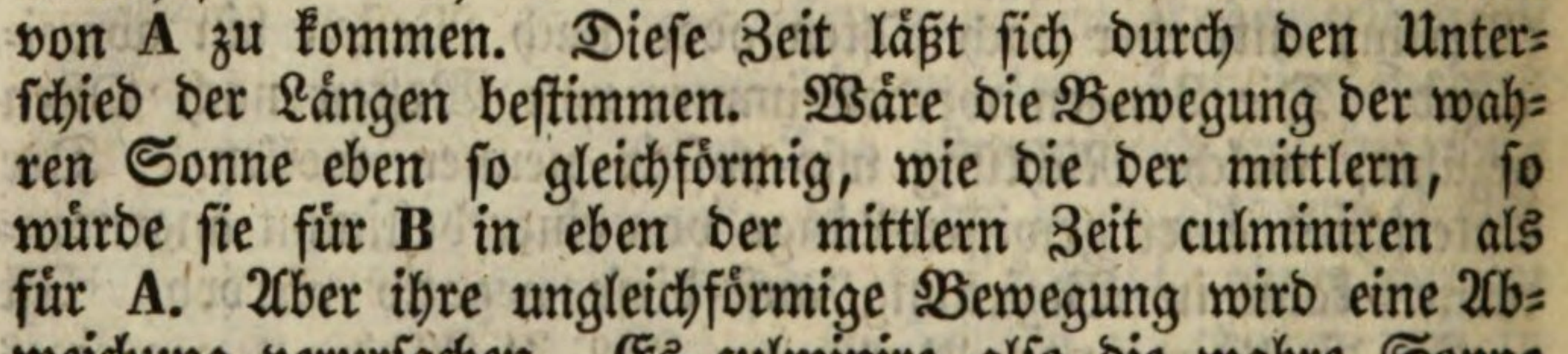
Die erste Columne der Tabelle für Bestimmung der Zeit enthält die mittlere Sonnenzeit im Augenblicke des wahren Mittags unter dem Berliner Meridian. Da östliche Oerter eher Mittag haben, als westliche und die Bewegung der wahren Sonne überdies ungleichförmig ist, so wird die mittlere Zeit nicht für alle Meridiane einerlei sein. Wir wollen durch einige Figuren die Sachen erläutern.

Es kann verschiedene Fälle geben. Zuerst kommt es darauf an, ob ein Ort östlich oder westlich von dem Meridian der Tabelle liegt, dann aber auch, ob die wahre Sonne der mittlern vorangeht, d. h. östlich von derselben sich befindet oder ihr nachfolgt, desgleichen, welche von beiden die größere Geschwindigkeit hat.

I. Der Ort liegt westlich vom Meridian der Tabelle.

1) Die wahre Sonne geht der mittlern voran.

a. Sie ist langsamer als diese.



Es sei **MN** der Aequator der Erde, oder ein Parallel desselben, **WO** die correspondirende Bahn der Aequatorssonne und des Rectascensionspunktes der wahren, rechts Westen, links Osten, **A** der Ort der Tabelle, **B** ein westlich liegender, **AD** der Meridian von **A**. Für **B** wird sowohl die mittlere als wahre Sonne so viel später culminiren, als **B** Zeit gebraucht, um durch die Rotation der Erde in den Meridian von **A** zu kommen. Diese Zeit läßt sich durch den Unterschied der Längen bestimmen. Wäre die Bewegung der wahren Sonne eben so gleichförmig, wie die der mittlern, so würde sie für **B** in eben der mittlern Zeit culminiren als für **A**. Aber ihre ungleichförmige Bewegung wird eine Abweichung verursachen. Es culminire also die wahre Sonne in **D**; die mittlere ist wegen ihrer westlichen Lage über den

Culminationspunkt schon hinaus und stehe in E. Die Zeit, welche letztere gebraucht hat, um von ihrer Culmination bis zu der wahren den Bogen ED zu durchlaufen, ist die Zeitgleichung. Nehmen wir die Richtung dieser Linie von der wahren Sonne aus, so geht sie von Osten nach Westen und ist also negativ. Es sei nun die Bewegung der mittlern Sonne schneller als die der wahren. Wenn daher eine Rotation der Erde vollendet ist, so stehe die wahre Sonne in d, die mittlere aber in e, so daß Ee größer ist als Dd. Wenn nun durch die Rotation d nach D gekommen ist, so wird e in dem Punkte F (dD = eF) gesehen, die Zeitgleichung ist DF (kleiner als die vorige DE) geworden und die Culmination der wahren Sonne fällt nach mittlerer Zeit früher. Dieser Fall tritt zweimal im Jahre ein, nämlich vom 11. Febr. bis zum 16. April und vom 27. Juli bis zum 31. August. Für B tritt nun der wahre Mittag ein, wenn es durch die Rotation der Erde in den Meridian von A gekommen ist. Hätte nun die wahre Sonne während der ganzen Rotationszeit von 24 St. den Bogen Dd, die mittlere aber den größern Ee zurückgelegt, so wird sie während der Bewegung des Orts B nach A nur einen Theil dieses Bogens, etwa Df, die mittlere aber den größern Eg vollendet haben. Ist nun B durch die Rotation nach A, also f nach D gebracht worden, so ist g nach h (nämlich gh = Df) gelangt und die Zeitgleichung für B ist Dh, etwas kleiner als DE, d. h. die Culmination der wahren Sonne fällt für den westlich liegenden Ort B etwas früher als für A. Ist DE negativ, so ist Eh positiv und der Werth desselben muß von DE abgezogen werden. Die Berechnung von Eh geschieht aber offenbar durch die Proportion: In 24 St. legt die mittlere Sonne den Raum EF, d. h. den Unterschied der Zeitgleichungen des jetzigen und des folgenden (bei östlichem Abstande des Orts des vorhergehenden) Tages zurück, ein Unterschied, der mit DE einerlei Zeichen haben wird, wenn DE größer als DF ist, im Gegentheil aber das entgegengesetzte, wie groß ist der Bogen Eh, den sie in der Zeit zurücklegt, die B gebraucht, um in den Meridian von A zu kommen.

Beispiel. Wie groß ist am 19. August 1831 im Augenblicke des wahren Mittages die mittlere Zeit in Bordeaux?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Bordeaux = 17 5 46

Westl. Unterschied = 13° 57′ 23″

Dies beträgt in Zeit 55 M. 49,53 S.

Am wahren Mittage des 19. Aug. ist die mittlere Zeit in Berlin = 0 St. 3 M. 31,68 S., des 20. = 0 St. 3 M. 18,10 S. Beides vom wahren Mittage oder 0 St. 0 M. 0 S. abgezogen, ergeben sich die Zeitgleichungen. Also

Zeitgl. am 20. Aug. = DF = — 3 M. 18,10 S.
— — 19. — = DE = — 3 M. 31,68 S.

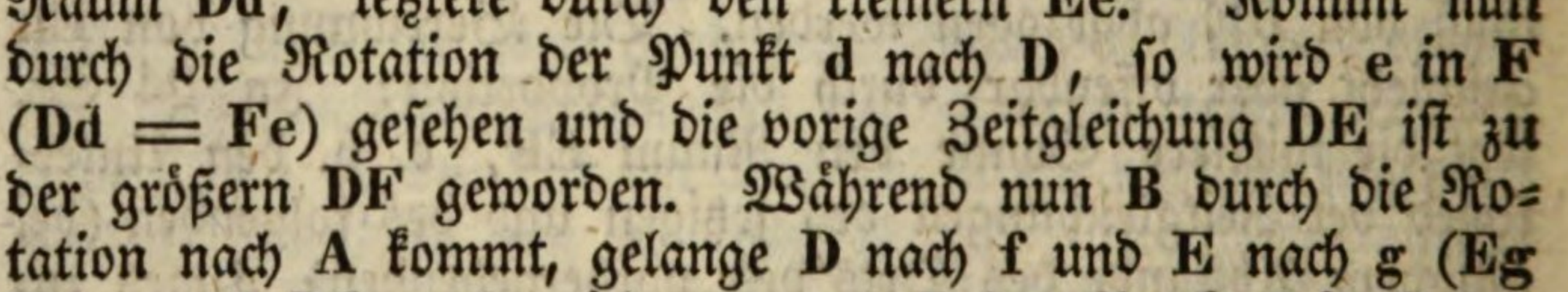
daher EF = + 13,58 S.

Nun setze man auf:

24 St. : 13,58 S. = 55 M. 49,53 S. : Eh.

Es kommt Eh = + 0,53 S. und daher ist die Zeitgleichung in Bordeaux zur Zeit des wahren Mittages = — 3 M. 31,68 S. + 0,53 S. = — 3 M. 31,15 S., folgt die mittlere Zeit = 0 St. 3 M. 31,15 S.

b. Die wahre Sonne ist schneller als die mittlere.



Nach der genauern Erläuterung des vorigen Falles können wir uns jetzt kürzer fassen.

Für A culminirt die wahre Sonne in D, die mittlere steht in E. Während 24 St. bewegt sich erstere durch den Raum Dd, letztere durch den kleinern Ee. Kommt nun durch die Rotation der Punkt d nach D, so wird e in F (Dd = Fe) gesehen und die vorige Zeitgleichung DE ist zu der größern DF geworden. Während nun B durch die Rotation nach A kommt, gelange D nach f und E nach g (Eg kleiner als Df), und wird nun vor B der Punkt f in D gesehen, so erscheint g in h (Df = hg) und die Zeitgleichung Dh für B ist etwas größer als die Zeitgleichung DE für A, die wahre Sonne culminirt also für B nach mittlerer Zeit etwas später. Ist DE negativ, so ist es auch Eh, es wird also Eh zu ED addirt, übrigens auf dieselbe Art gefunden. Dieser Fall tritt ein vom 25. Decbr. bis zum 11. Febr. des folgenden Jahres, und vom 16. Juni bis zum 27. Juli.

Beispiel. Welches ist am wahren Mittage des 1. Juli 1831 die mittlere Zeit in Madrid?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Madrid = 13 52 30

Westl. Unterschied = 17° 10′ 39″

Dies beträgt in Zeit 1 St. 8 M. 42,6 S.
Zeitgl. am 2. Juli = — 3 M. 28,89 S. = DF
— — 1. — = — 3 M. 17,28 S. = DE

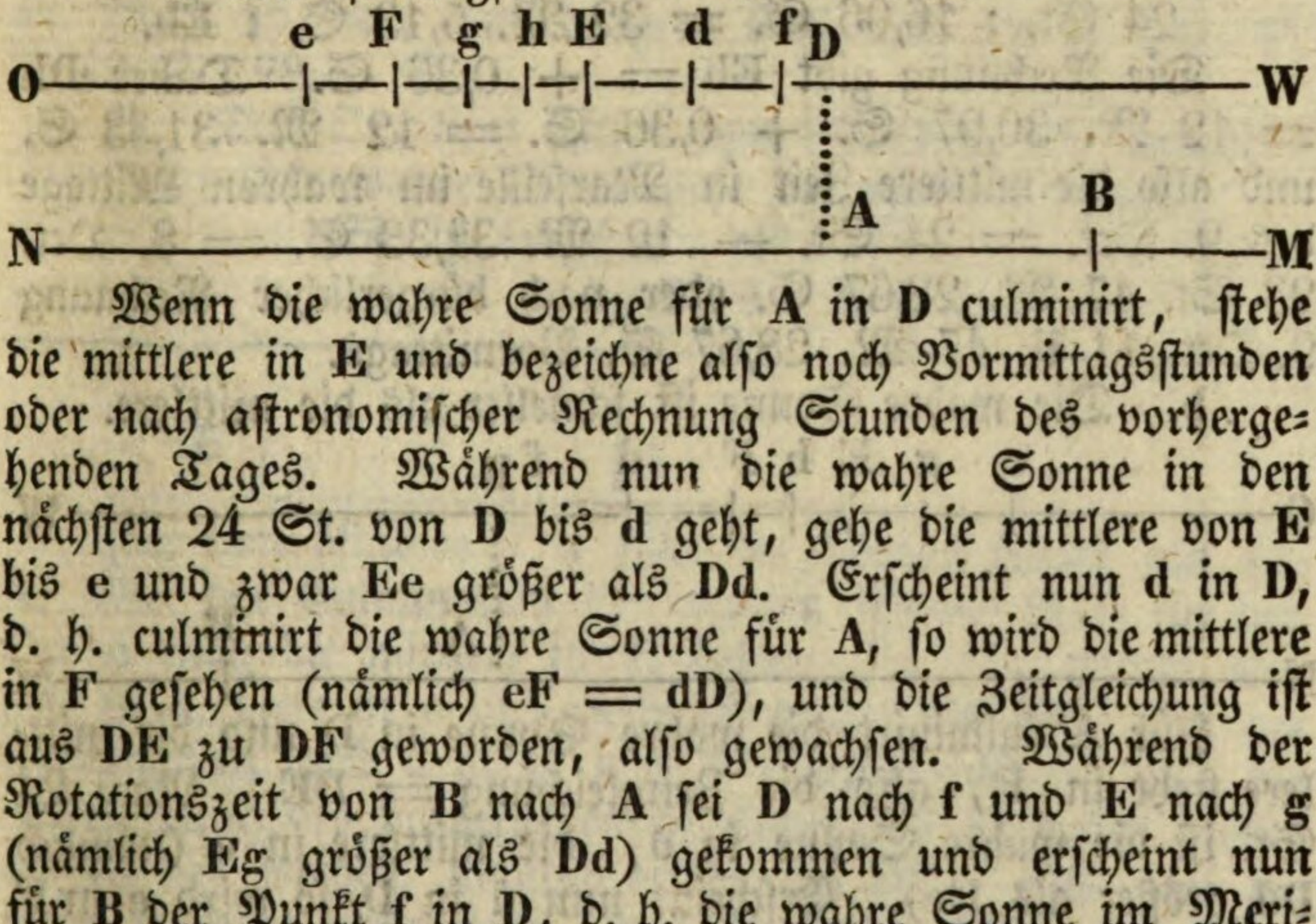
daher EF = — 11,61 S.

Also
24 St. : — 11,61 S. = 1 St. 8 M. 42,6 S. : Eh

Es kommt Eh = — 0,55 S., daher Dh = — 3 M. 17,28 S. — 0,55 S. = — 3 M. 17,83 S., also die mittlere Zeit in Madrid am wahren Mittage des 11. Juli = 0 U. 3 M. 17,83 S.

2) Die wahre Sonne folgt der mittlern.

a. Sie ist langsamer als die mittlere.



Wenn die wahre Sonne für A in D culminirt, stehe die mittlere in E und bezeichne also noch Vormittagsstunden oder nach astronomischer Rechnung Stunden des vorhergehenden Tages. Während nun die wahre Sonne in den nächsten 24 St. von D bis d geht, gehe die mittlere von E bis e und zwar Ee größer als Dd. Erscheint nun d in D, d. h. culminirt die wahre Sonne für A, so wird die mittlere in F gesehen (nämlich eF = dD), und die Zeitgleichung ist aus DE zu DF geworden, also gewachsen. Während der Rotationszeit von B nach A sei D nach f und E nach g (nämlich Eg größer als Dd) gekommen und erscheint nun für B der Punkt f in D, d. h. die wahre Sonne im Meridian, so sieht B die mittlere in h (nämlich fd = gh), die Zeitgleichung für B ist also Dh, etwas größer als DE. Setzen wir jetzt wegen der Richtung von Westen nach Osten DE positiv, so ist es auch Eh und also Dh = DE = Eh. Die Berechnung von Eh ist die nämliche. Dieser Fall tritt ein vom 16. April bis zum 16. Mai, und vom 1. Sept. bis zum 4. Novbr.

Beispiel. Welches ist im wahren Mittage des 9. Oct. 1831 die mittlere Zeit in Marseille?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Marseille = 23 1 52

Westl. Unterschied = 8° 1′ 17″

Dies beträgt in Zeit 32 M. 5,13 S.

Am 9. Oct. ist die mittlere Zeit in Berlin = 23 St. 47 M. 29,03 S., also die Zeitgleichung = 24 St. — 23 St. 47 M. 29,03 S. = 0 St. 12 M. 30,97 S.; am 10. Oct. = 23 St. 47 M. 12,97 S., also die Zeitgleiche = 24 St. — 23 St. 47 M. 12,97 S. = 0 St. 12 M. 47,03 S.

Daher:

Zeitgl. am 10. Oct. = 12 M. 47,03 S. = DF
— — 9. — = 12 30,97 = DE

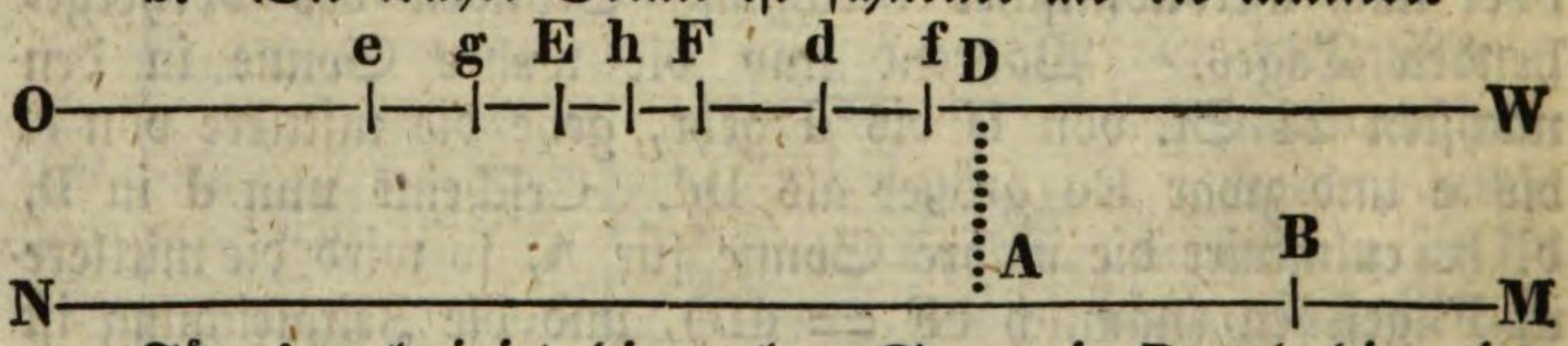
16,06 = EF

Also

24 St. : 16,06 S. = 32 M. 5,13 S. : Eh.

Die Rechnung gibt Eh = + 0,36 S. Daher Dh = 12 M. 30,97 S. + 0,36 S. = 12 M. 31,33 S. und also die mittlere Zeit in Marseille im wahren Mittage des 9. Oct. = 24 St. — 12 M. 31,33 S. = 8. Oct. 23 St. 47 M. 28,67 S. oder nach bürgerlicher Rechnung 9. Oct. 11 U. 47 M. 28,67 S. Vormittags.

b. Die wahre Sonne ist schneller als die mittlere.



Für A culminirt die wahre Sonne in D und die mittlere steht in E, also die Zeitgleichung = DE. Nach 24 St. ist die wahre Sonne in d, die mittlere in e (nämlich Dd größer als Ee). Erscheint nun d in D, so wird e in F (Dd = Fe) gesehen und die Zeitgleichung ist DF geworden, also kleiner als DE. In der Zeit, wo B durch die Rotation nach A kommt, gehe die wahre Sonne von D nach f, die mittlere von E nach g (nämlich Eg kleiner als Df). Erscheint nun f in D, so wird g in h gesehen (nämlich Df = gh) und die Zeitgleichung ist für B = Dh = DE — Eh, also um Eh kleiner, als die Zeitgleiche für A. Da DE po-

sitiv ist, so ist Eh negativ, wird aber eben so wie vorher gefunden. Dieser Fall tritt ein vom 16. Mai bis zum 16. Juni und vom 4. Novbr. bis 25. Decbr.

Beispiel. Welches ist am wahren Mittage des 2. Dec. 1831 die mittlere Zeit in Lissabon?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Lissabon = 8 31 15
Westl. Unterschied = 22° 31′ 54″

Dies beträgt in Zeit 1 St. 30 M. 7,6 S.

Zeitgl. in Berlin am 3. Dec. = 10 M. 9,63 S. = DF
— — — — 2. — = 10 33,01 = DE
— 23,38 = FE

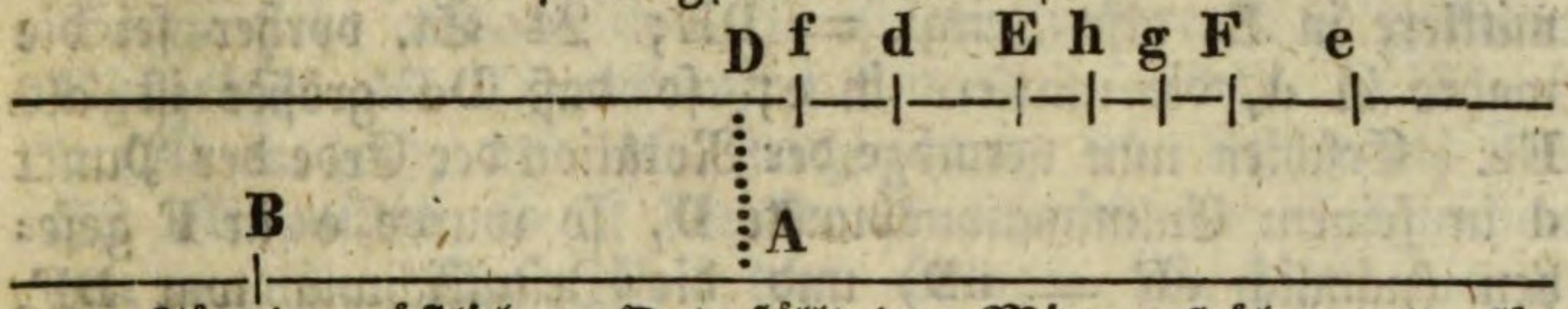
24 St. : — 23,38 = 1 St. 30 M. 7,6 S. : Eh.

Es kommt Eh = — 1,46 S. Also die Zeitgleich. in Lissabon oder Dh = DE — Eh = 10 M. 33,01 S. — 1,46 S. = 10 M. 31,55 S. und daher die mittlere Zeit selbst = 24 — 10 M. 31,55 S. = 1. Dec. 23 St. 49 M. 28,45 S. oder nach bürgerl. Rechnung am 2. Dec. 11 U. 49 M. 28,45 S.

II. Der Ort liegt östlich vom Meridian der Tabelle.

1) Die wahre Sonne geht der mittlern voran.

a. Sie ist langsamer als diese.



Für den östlichen Ort fällt der Mittag früher als für A. Bei der Culmination der wahren Sonne in D für den Ort A mag die mittlere in E stehen, 24 St. vorher war jene in d, diese in e und zwar eE größer als dD. Bei der Culmination wird d in D, e in F gesehen (dD = eF), die Zeitgleichung des vorhergehenden Tages DF ist daher größer als die des jetzigen, nämlich größer als DE. Bis nun die Erde so weit herumkam, daß in B der Mittag eintreten konnte, bewegte sich die wahre Sonne etwa bis f, die mittlere bis g, so daß eF größer als df ist. Erscheint nun für B der Punkt f in D, so wird g in h gesehen, nämlich df = Fh und die Zeitgleichung für B ist Dh, etwas größer als DE, nämlich Dh = DE + Eh. Man hat also Eh wie vorher zu berechnen und zu DE zu addiren. Ist DE nega-

tiv, so ist es auch Eh. Dieser Fall tritt ein vom 11. Febr. bis 16. April und vom 27. Juli bis 31. August.

Beispiel. Welches ist im wahren Mittage des 19. März 1831 die mittlere Zeit in Odessa?

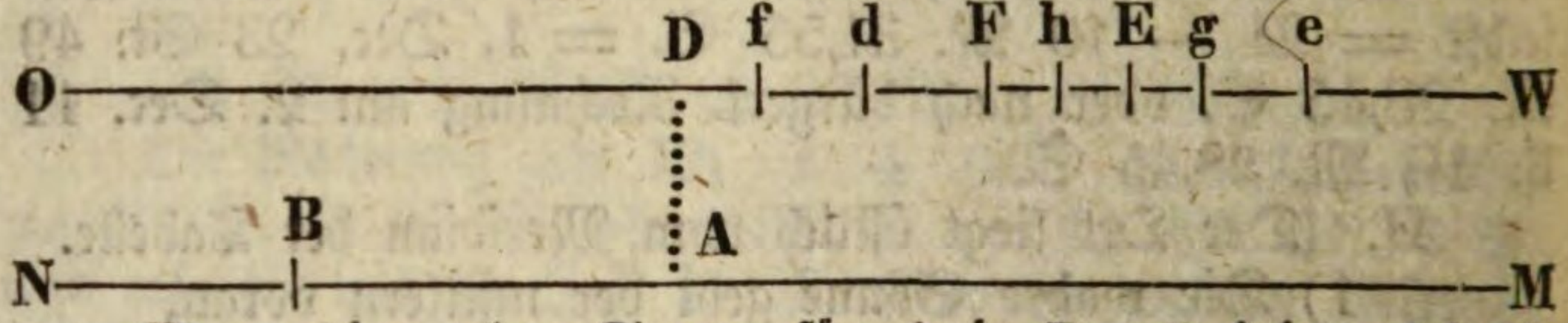
Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Odessa = 48 25 0

Oestl. Unterschied = — 17° 21′ 51″
Dies beträgt in Zeit — 1 St. 9 M. 27,4 S.
Zeitgl. am 19. März = — 8 M. 7,75 S. = DE
— — 18. — = — 8 25,54 = DF

Aenderung in 24 St. = + 17,79 S. = EF
24 St. : + 17,79 S. = — 1 St. 9 M. 27,4 S. : Eh.

Es kommt Eh = — 0,86. Also ist die Zeitgleichung in Odessa = — 8 M. 7,75 — 0,86 = — 8 M. 8,61 S. und daher die mittlere Zeit selbst = 0 U. 8 M. 8,61 S.

b. Die wahre Sonne ist schneller als die mittlere.



Wenn die wahre Sonne für A in D culminirt, sei die mittlere in E, also Zeitgl. = DE; 24 St. vorher sei die wahre in d, die mittlere in e; so daß Dd größer ist als Ee. Erschien nun vermöge der Rotation der Erde der Punkt d in seinem Culminationspunkte D, so wurde e in F gesehen (nämlich eF = dD) und die Zeitgleichung war DF. Ehe nun e nach E kam, culminirte die wahre Sonne für den Ort B. Gesetzt, sie stand dann in f, so war e in g (nämlich eg kleiner als df) und als f dem Orte B im Meridian erschien, wurde g in h gesehen (näml. gh = fD), also war die Zeitgleichung = Dh kleiner als DE und daher Dh = DE — Eh. Ist daher DE negativ, so kommt Eh positiv. Dieser Fall tritt ein vom 25. Dec. bis 11. Februar des folgenden Jahres und vom 16. Juni bis 27. Juli.

Beispiel. Welches ist im wahren Mittage des 14. Januar 1831 die mittlere Zeit in Petersburg?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Petersburg = 47 58 30

Oestl. Unterschied = — 16° 55′ 30″

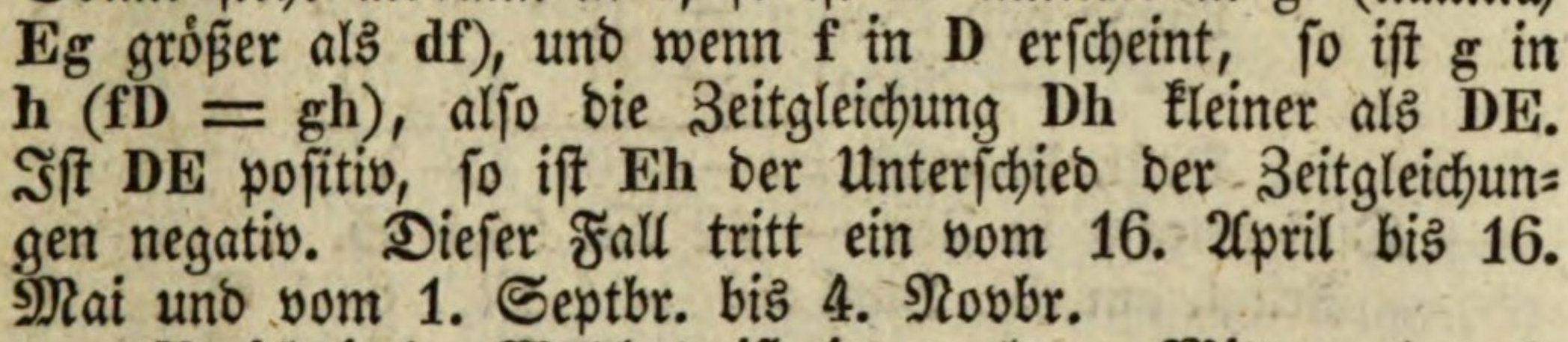
Dies beträgt in Zeit — 1 St. 7 M. 41,4 S.
Zeitgl. am 14. Jan. = — 9 M. 14,85 S. = DE
— — 13. — = — 8 52,33 = DF

Aenderung in 24 St. = — 22,52 = EF
24 St. : — 22,52 S. = — 1 St. 7 M. 41,4 S. : Eh.

Es kommt Eh = + 1,06, daher ist die Zeitgleichung in Petersburg = — 9 M. 14,85 S. + 1,06 S. = 9 M. 13,79 S. und also die mittlere Zeit selbst = 0 U. 9 M. 13,79 S.

2. Die wahre Sonne folgt der mittlern nach.

a. Sie ist langsamer als diese.



Wenn die wahre Sonne für A in D culminirt und die Zeitgleichung DE ist, so ist die Culmination für B schon vorbei. 24 St. vor dem wahren Mittage des Ortes A stand also die wahre Sonne in d und die mittlere in e, die Zeitgleichung war DF kleiner als DE. Ehe nun d nach D kommt, erfolgt die Culmination für B. Gesetzt, die wahre Sonne stehe alsdann in f, so ist die mittlere in g (nämlich Eg größer als df), und wenn f in D erscheint, so ist g in h (fD = gh), also die Zeitgleichung Dh kleiner als DE. Ist DE positiv, so ist Eh der Unterschied der Zeitgleichungen negativ. Dieser Fall tritt ein vom 16. April bis 16. Mai und vom 1. Septbr. bis 4. Novbr.

Beispiel. Welches ist im wahren Mittage des 1. Mai 1831 die mittlere Zeit in Constantinopel?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Constant. = 46 35 0

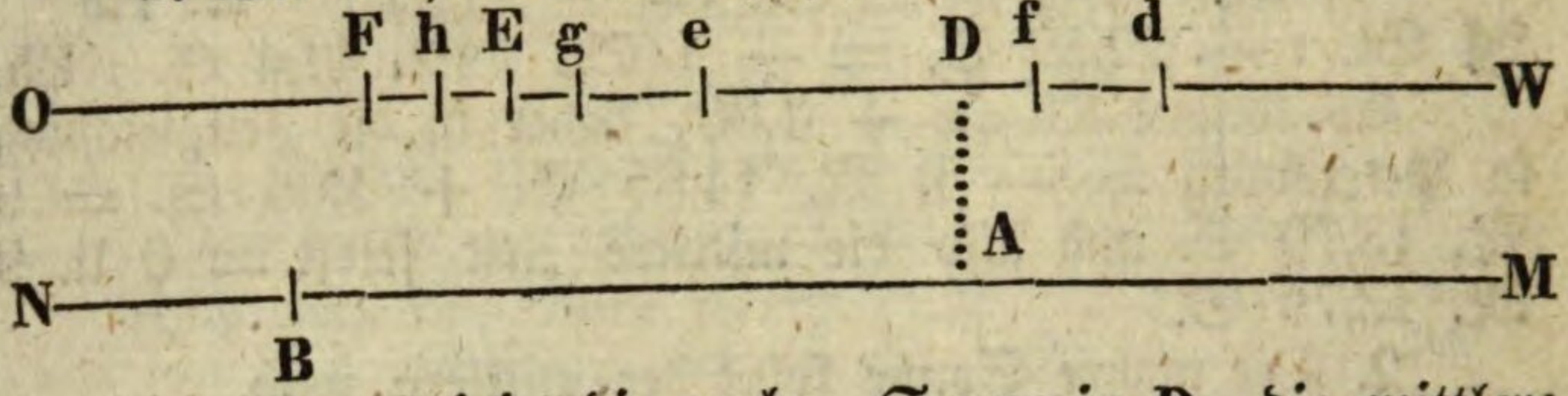
Oestl. Unterschied = — 15° 31′ 51″
Dies beträgt in Zeit — 1 St. 2 M. 7,4 S.
Zeitgl. am 1. Mai = + 2 M. 59,35 S. = DE
— — 30. April = + 2 M. 51,07 = DF

Aenderung in 24 St. = + 8,28 S. = EF
24 St. : + 8,28 S. = — 1 St. 2 M. 7,4 S. : Eh.

Die Rechnung gibt Eh = — 0,36. Also die Zeitgleichung in Constantinopel = 2 M. 59,35 S. — 0,36 S.

= M. 58,99 S. und daher die mittlere Zeit = 24 St. — 2 M. 58,99 S. = 30. April 23 St. 57 M. 1,01 S. oder nach bürgerlicher Rechnung 1. Mai 11 U. 57 M. 1,01 S.

b. Die wahre Sonne ist schneller als die mittlere.



Für A culminirt die wahre Sonne in D, die mittlere steht in E, die Zeitgleichung = DE; 24 Stunden vorher die wahre in d, die mittlere in e. Erscheint an diesem Tage die wahre Sonne für A in D, so ist die Zeitgleichung DF (eF = dD), also größer, als am folgenden. Ehe aber die wahre Sonne nach D kommt, hat sie schon für B culminirt, etwa in f und die mittlere ist bis g gekommen. Steht nun f im Meridian von B, so sieht man g in h (nämlich fD = gh) und die Zeitgleichung für B ist = Dh = DE + Eh. Dieser Fall findet Statt vom 16. Mai bis 16. Juni und vom 4. Nov. bis 25. Decbr.

Beispiel. Welches ist am wahren Mittage des 10. Juni 1831 die mittlere Zeit in Riga?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Riga = 41 47 0

Oestl. Unterschied = — 10° 43′ 51″
Dies beträgt in Zeit — 42 M. 55,4 S.

Zeitgl. am 10. Juni = + 1 M. 6,01 S.
— — 9. — = + 1 M. 17,63 S.

Aenderung in 24 St. = — 11,62

24 St. : — 11,62 = — 42 M. 55,4 S. : Eh.

Es kommt Eh = + 0,35 S. Daher die Zeitgleichung in Riga = 1 M. 6,01 S. + 0,35 S. = 1 M. 6,36 S. und folglich die mittlere Zeit = 24 St. — 1 M. 6,36 S. = 9. Juni 23 St. 59 M. 53,64 S. oder nach bürgerl. Zeit 10. Juni 11 U. 59 M. 53,64 S.

Aus den angeführten Beispielen sieht man zugleich, daß die Aenderung der Zeitgleichung nur erst dann bedeutend wird, wenn die Entfernung des Orts vom Meridian der Tabelle und der Unterschied der Zeitgleichungen an 2 auf

einander folgenden Tagen beträchtlich ist. Das Maximum dieses Unterschiedes ist 30 Sekunden. Beträgt nun der Abstand eines Ortes vom berliner Meridian nur 1 Grad = 4 M. in Zeit, so beträgt die Aenderung bei jenem Maximum nur $\frac{1}{12}$ S., wie sich aus dem Aufsatze: 24 St. : 30 S. — 4 M. : $\frac{1}{12}$ S. ergibt, in welchem Falle die Zahlen der Tabelle also geradezu gebraucht werden können. Aber selbst, dann, wenn der Abstand 12 Grade = 48 M. Zeit beträgt: ergibt sich aus dem Aufsatze: 24 St. : 30 S. = 48 M. 1 S., daß der Fehler erst eine ganze Sekunde und bei kleinern Aenderungen also weniger ausmachen wird.

B. Reduction der mittlern Zeit in wahre für eine gegebene Tagesstunde.

Wie im Vorhergehenden nennen wir die Zeitgleichung negativ, wenn die wahre Sonne der mittlern vorangeht, also eher Mittag macht, als diese, positiv im entgegengesetzten Falle. Am 6. Febr. z. B. ist die Zeitgleichung = 0 U. — 0 U. 14 M. 23,18 S. = — 14 M. 23,18 S.; am 6. Nov. aber = 24 St. — 23 St. 43 M. 46,84 S. = + 16 M. 13,16 S.

Es lassen sich wieder dieselben Fälle unterscheiden, die wir oben kennen gelernt haben.

I. Die wahre Sonne geht der mittlern vor.

1) Sie ist langsamer als diese.

In diesem Falle ist die Zeitgleichung negativ und nimmt ab, d. h. sie ist den folgenden Tag kleiner als den vorhergehenden. Die Aenderung zweier auf einander folgenden Zeitgleichungen wird daher positiv, weil man den vorhergehenden vom folgenden abzieht. Ist die Tagesstunde nach bürgerlicher mittleren Zeit gegeben, so muß man Acht haben, ob sie nach oder vor den Anfang des astronomischen Tages fällt; im ersten Falle ist sie mit der bürgerlichen Zeit übereinstimmend, im zweiten aber eine der letztern Stunden des vorhergehenden Tages. Alle Aufgaben beziehen sich auf den Meridian von Berlin um das Jahr 1831.

Aufgabe. Welches ist die wahre Zeit am 7. März früh um 2 U. 43 M. 28,5 S. mittl. Zeit?

Astronomisch ist diese Zeit = den 6. März 14 St. 43 M. 28,5 S., daher muß man vom Mittage dieses Tages an rechnen.

Zeitgl. am 7. März = — 11 M. 24,29 S.
— — 6. — = — 11 38,57

Aenderung in 24 St. = + 14,28 S.

Da die Zeitgleichung abnimmt, so kann sie in den letzten Stunden des 6. März nicht mehr so groß sein als am Mittage desselben. Diese Abnahme muß nun eben berechnet werden. Man nimmt erst vorläufig an, sie ist in der gegebenen Tagesstunde noch dieselbe, wie am Mittage und zieht sie daher von der gegebenen mittlern Zeit ab, um ungefähr zu finden, wie viel Zeit vom wahren Mittage an verflossen ist. Vom wahren Mittage des 6. März bis zur gegebenen Zeit sind also vergangen 14 St. 43 M. 28,5 S. — 11 M. 38,57 S. = 14 St. 31 M. 49,93 S. Nun setzt man auf: In 24 St. nimmt die Zeitgleichung um 14,28 S. ab, wie viel in der gegebenen Zeit? Also

24 St. : 14 St. 31 M. 49,92 S. = + 14,28 S. : x. Es kommt x oder die gesuchte Abnahme = + 8,64 S. Also ist die Zeitgleichung in der gegebenen Zeit = — 11 M. 38,57 S. + 8,64 S. = — 11 M. 29,93 S. und daher die gesuchte wahre Zeit = 14 St. 43 M. 28,5 S. — 11 M. 29,43 S. = 14 St. 31 M. 58,57 S., d. h. es geschah die angenommene Beobachtung den 7. März früh um 2 U. 31 M. 58,57 S. nach bürgerlicher wahrer Zeit.

2) Die wahre Sonne ist schneller als die mittlere. In diesem Falle wächst die Zeitgleichung, d. h. sie ist den folgenden Tag größer, als am vorhergehenden und ihr Unterschied wird negativ.

Aufgabe. Welches ist die wahre Zeit am 8. Januar Abends um 8 U. 45 M. 36,8 S. mittlerer Zeit?

Zeitgleichung am 9. Jan. = — 7 M. 16,22 S.
— — 8. — = — 6 50,81

Aenderung in 24 St. = — 25,41 S.

Ungefähr ist die wahre Zeit in der gegebenen = 8 St. 45 M. 36,8 S. — 6 M. 50,81 S. = 8 St. 38 M. 45,99. Also der Aufsatz:

24 St. : — 25,41 S. = 8 St. 38 M. 45,99 S. : x.

Es kommt x = — 9,15 S., daher ist die Zeitgleichung in der gegebenen Zeit = — 6 M. 50,81 S. — 9,15 S. = — 6 M. 59,96 S. und daher die gesuchte

wahre Zeit = 8 St. 45 M. 36,8 S. — 6 M. 59,96 S. = 8 St. 38 M. 36,84 S.

II. Die wahre Sonne folgt der mittlern nach.

1) Sie ist langsamer als diese.

In diesem Falle ist die Zeitgleichung positiv und nimmt zu, d. h. sie ist den folgenden Tag größer als den vorhergehenden. Die Aenderung zweier auf einander folgenden Zeitgleichungen bleibt positiv.

Aufgabe. Welches ist die wahre Zeit am 27. Oct. Abends 10 U. 45 M. 27,8 S. mittl. Zeit?

Zeitgl. am 28. Oct. = + 16 M. 2,00 S.
— — 27. — = + 15 56,80

Aenderung in 24 St. = + 5,20

Vom wahren Mittage des 27. Oct. bis zur gegebenen Zeit ist beiläufig verflossen 10 St. 45 M. 27,8 S. + 15 M. 56,8 = 11 St. 1 M. 24,6 S., weil jetzt die Zeitgl. zur mittlern Zeit am wahren Mittage, also auch zur gegebenen Zeit addirt werden muß. Nun der Aufsatz:

24 St. : 11 St. 1 M. 24,6 S. = 5,20 S. : x.

Es kommt x = 2,38 S. Es ist daher die Zeitgleichung im Augenblicke der Beobachtung = 15 M. 56,80 S. + 2,38 S. = 15 M. 59,18 S. und daher die wahre Zeit genauer 11 St. 1 M. 26,98 S.

2) Die wahre Sonne ist schneller als die mittlere.

Die Zeitgleichungen bleiben positiv, nehmen aber ab und darum ist die Aenderung negativ.

Aufgabe. Welches ist die wahre Zeit am 1. Juni früh um 9 U. 53 M. 48,7 S. mittl. Zeit? Die gegebene Zeit ist astronomisch der 31. Mai 21 St. 53 M. 48,7 S.

Zeitgl. am 1. Juni = + 2 M. 38,92 S.
— — 31. Mai = + 2 47,33

Aenderung in 24 St. = — 8,41

Vom wahren Mittag des 31. Mai bis zur gegebenen Zeit sind in wahrer Zeit beiläufig verflossen 21 St. 53 M. 48,7 S. + 2 M. 47,33 S. = 21 St. 56 M. 36,03 S. Also der Aufsatz:

24 St. : 21 St. 56 M. 36,03 S. = — 8,41 S. : x.

Es kommt x = — 7,69 S., daher die Zeitgleich. = 2 M. 39,64 S. und die gesuchte wahre Zeit = 21 St. 53 M. 48,7 S. + 2 M. 39,64 S. = 21 St. 56 M. 28,34 S.

C. Reduction der wahren Zeit auf mittlere.

Die Rechnung ist im Ganzen mit der vorigen dieselbe, aber die Zeitgleichungen, so wie ihre Aenderungen bekommen die entgegengesetzten Zeichen. Denn wenn z. B. die mittlere Zeit im wahren Mittag = 0 St. 6 M. 28 S., also die Zeitgleichung = — 6 M. 28 S. ist, so erhält man daraus die wahre oder 0 Uhr, wenn man — 6 M. 28 S. zu 0 U. 6 M. 28 S. oder zur mittlern Zeit addirt, umgekehrt also die mittlere aus der wahren, wenn man die Zeitgleichung von der wahren Zeit abzieht, d. h. mit dem entgegengesetzten Zeichen dazu addirt. Wir wollen daher in den folgenden Beispielen der Zeitgleichung sofort das entgegengesetzte Zeichen geben und sie dann zur wahren Zeit addiren, um die mittlere zu finden. Um die Rechnung zu zeigen, wollen wir die obigen Beispiele umkehren.

1. Fall. Umkehrung von I. 1.

Welches ist die mittlere Zeit am 6. März 14 St. 31 M. 58,57 S. wahrer Zeit?

Zeitgl. am 7. März = + 11 M. 24,29 S.
— — 6. — = + 11 38,57

Aenderung in 24 St. = — 14,28 S.

Hieraus berechne man die Aenderung für die gegebene wahre Zeit durch den Aufsatz:

24 St. : 14 St. 31 M. 58,57 S. = — 14,28 : x.

Es kommt x = — 8,64. Um so viel hat die Zeitgleichung vom wahren Mittage des 6. März bis zur gegebenen Zeit abgenommen. Also ist in diesem Augenblicke die Zeitgleichung = 11 M. 38,57 S. — 8,64 = 11 M. 29,93 S. und daher die mittlere Zeit = 14 St. 31 M. 58,57 S. + 11 M. 29,93 S. = 14 St. 43 M. 28,50 S. Es ist daher nach bürgerlicher Rechnung der 7. März früh 2 U. 43 M. 28,5 S.

2. Umkehrung von I. 2.

Welches ist die mittlere Zeit am 8. Jan. Abends 8 U. 38 M. 36,84 S. wahrer Zeit?

Zeitgleichung am 9. Jan. = 7 M. 16,22 S.
— — 8. — = 6 M. 50,81

Aenderung in 24 St. = + 25,41

24 St. : 8 St. 38 M. 36,84 S. = 25,41 S. : x.

Die Rechnung gibt x = + 9,15 S. Da nun die

Zeitgleichung um so viel bis zur gegebenen Zeit zugenommen hat, so wird x addirt; es ist also die Zeitgleichung 8. Jan. = 6 M. 59,96 S. und daher die mittlere Zeit = 8 St. 38 M. 36,84 S. + 6 M. 59,96 S. = 8 St. 45 M. 36,80 S.

3. Umkehrung von II. 1.

Eine Beobachtung wurde am 27. Oct. um 11 U. 1 M. 26,98 S. Abends nach wahrer Zeit gemacht, wie groß ist die mittlere Zeit?

Zeitgl. am 28. Oct. = — 16 M. 2,00 S.
— — 27. — = — 15 56,80

Aenderung in 24 St. = — 5,20

24 St. : 11 St. 1 M. 26,98 S. = — 5,20 S. : x.

Es kommt x = — 2,38 S. und daher die Zeitgleichung im Augenblicke der Beobachtung = — 15 M. 59,18 S., daher die mittlere Zeit = 11 St. 1 M. 26,98 S. — 15 M. 59,18 S. = 10 St. 45 M. 27,80 S. Abends.

4. Umkehrung von II. 2.

Eine Beobachtung wurde am 31. Mai 21 St. 56 M. 28,34 S. nach wahrer Zeit gemacht, wie groß ist alsdann die mittlere Zeit?

Zeitgl. am 1. Juni = — 2 M. 38,92 S.
— — 31. Mai = — 2 47,33

Aenderung in 24 St. = + 8,41

24 St. : 21 St. 56 M. 28,34 S. = 8,41 S. : x.

Es kommt x = + 7,69, daher die Zeitgleichung im Augenblicke der Beobachtung = — 2 M. 47,33 S. + 7,69 = — 2 M. 39,64 S., folglich die mittlere Zeit = 21 St. 56 M. 28,34 S. — 2 M. 39,64 S. = 21 St. 53 M. 48,70 S.; also bürgerlich der 1. Juni, früh 9 U. 53 M. 48,7.

§. 154.

Die erste Tabelle enthält auch die Sternzeit im Augenblicke des mittlern Mittags, ebenfalls für das Jahr 1831 und den Berliner Meridian. Sie ist in Rücksicht der gleichförmigen Bewegung einerlei mit der in Zeit verwandelten geraden Aufsteigung der Aequatorssonne im mittlern Mittage. Diese Zeit nimmt mit jedem Tage regelmäßig um 3 M. 56,555 S. zu, so daß sie durch bloße Addition für je-

des folgende Jahr berechnet werden kann. Vermittelst der Zeitgleichung und der wahren geraden Aufsteigung der Sonne in Zeit ausgedrückt, wie sie in der folgenden Tabelle angegeben ist, kann man die mittlere Zeit in Sternzeit und umgekehrt diese in jene verwandeln. Eben so läßt sich dieselbe auf jeden andern Meridian reduciren, wenn man seinen Abstand vom Berliner Meridian kennt. Was die erste Operation betrifft, so verwandelt man zuvörderst die in mittlerer Zeit gegebene Zeitgleichung in Sternzeit und addirt diese zu der wahren geraden Aufsteigung der Sonne; dann ist die Summe die Sternzeit oder die mittlere gerade Aufsteigung der Sonne in Zeit ausgedrückt. Es versteht sich, daß aus dieser Addition eine Subtraction wird, wenn die Zeitgleichung das negative Zeichen bekommt. Da die Sternzeit immerwährend in 24 St. um 3 M. 56,555 S. wächst, so geschieht die Verwandlung der Zeitgleichung in Sternzeit, wenn man durch den Aufsatz: in 24 St. wächst die Sternzeit um 3 M. 56,555 S., wie viel in der Zeit der Zeitgleichung? die Größe des Zuwachses findet, um den die Zeitgleichung in Sternzeit die in der mittlern Zeit gegebene übertrifft. Beim Berechnen jener Proportion muß man die Zeitgleichung mit 3 M. 56,555 multipliciren und durch 24 St. dividiren. Man kann also ein für allemal den Quotienten $= \frac{3\text{ M. }56{,}555\text{ S.}}{24\text{ St.}}$ bestimmen, diese Zahl sich merken und damit jede gegebene Zeitgleichung multipliciren. Das, was herauskommt, addirt man dann zu der gegebenen Zeitgleichung, so hat man diese in Sternzeit. Es ist aber

$$\frac{3\text{ M. }56{,}555\text{ S.}}{24\text{ St.}} = \frac{236{,}555\text{ S.}}{86400\text{ S.}} = 0{,}002738.$$

Mit dieser Zahl also die Zeitgleichung multiplicirt, gibt das, was zur Zeitgleichung addirt werden muß und die Summe, positiv oder negativ, je nachdem es die Zeitgleichung ist, zur wahren geraden Aufsteigung in Zeit addirt, gibt die gesuchte mittlere gerade Aufsteigung oder die Sternzeit.

Beispiele. 1. Die Zeitgleichung ist negativ.

Wie hoch ist die Sternzeit im mittleren Mittage des 6ten Febr. 1831?

Wahre Zeit = 0 U. 0 M. 0 S.
Mittl. Z. im w. M. = 0 14 23,18

Zeitgleich. = — 14 23,18 S.

Diese mit 0,002738 multiplicirt gibt — 2,36 S., also die Zeitgleich. in Sternzeit = — 14 M. 23,18 S. — 2,36 S. = — 14 M. 25,54 S. Nun ist

Wahre Aufst. am 6ten Febr. = 21 St. 17 M. 46,14 S.
Zeitgl. in Sternzeit = — 14 25,54

Mtl. ger. Aufst. od. Sternz. = 21 St. 3 M. 20,60 S.

2. Die Zeitgleichung ist positiv.

Wie hoch ist die Sternzeit im mittleren Mittage des 20ten Novbr. 1831?

Wahre Zeit = 0 U. 0 M. 0 S.
Mittl. Zeit im w. M. = 23 45 42,23

Zeitgl. im w. M. = + 14 M. 17,77 S.

Diese mit 0,002738 multiplicirt gibt + 2,34 S., also die Zeitgl. in Sternzeit = + 14 M. 17,77 S. + 2,34 = 14 M. 20,11 S. Nun ist

Wahre Aufst. am 20. Nov. = 15 St. 40 M. 31,51 S.
Zeitgl. in Sternz. = + 14 20,11

Sternz. am 20. Nov. = 15 St. 44 M. 51,62 S.

Nach §. 150. ist 24 St. mittlere Sonnenzeit gleich 24 St. 3 M. 56,555 Sternzeit und 24 St. Sternzeit gleich 23 St. 56 M. 4,09075 mittl. Sonnenzeit, also der Sterntag um 3 M. 55,909 S. kürzer als der mittlere Sonnentag. Die Sternzeit ist einerlei mit der in Zeit verwandelten mittleren geraden Aufsteig. der Sonne, ihr in mittlere Zeit verwandelter Unterschied von der geraden Aufst., also die Zeitgleichung. Vermittelst dieser läßt sich nun Sternzeit in mittl. Sonnenzeit verwandeln, wie folgende Beispiele zeigen.

Erstes Beispiel. Welches ist die mittlere Sonnenzeit am wahren Mittage des 1. Aug. 1831 für den Meridian von Berlin?

W. g. Aufst. a. M. d. 1. Aug. = 8 St. 43 M. 16,48 S.
Sternz. oder mittl. ger. Aufst. = 8 St. 37 14,20

Unterschied = 6 M. 2,28 S.

Da 24 St. Sternz. um 3 M. 55,909 S. kürzer sind, als 24 St. mittlere Sonnenzeit, so kann man den Aufsatz machen: Wie viel sind 6 M. 2,28 S. Sternzeit kürzer

als die mittlere Zeit, wenn 24 St. Sternzeit um 3 M. 55,909 S. kürzer sind. Also die Proportion:

24 St. : 3 M. 55,909 S. = 6 M. 2,28 S. : x.

Da die beiden ersten Glieder immer unverändert bleiben, so kann man gleich ein für allemal den Quotienten $\frac{3 \text{ M. } 55{,}909 \text{ S.}}{24 \text{ St.}} = \frac{235{,}909}{86400}$ bestimmen und damit den jedesmal gefundenen Unterschied multipliciren. Obiger Quotient ist = 0,00273, also x = (6 M. 2,28 S.) . 0,00273 = 0,989 oder kürzer 0,98. Also 6 M. 2,28 S. Sternz. = 6 M. 2,28 — 0,98 = 6 M. 1,30 S. mittlerer Sonnenz., und dies ist denn am 1. Aug. 1831 die Zeitgleichung, also die mittlere Zeit am wahren Mittage = 0 U. 6 M. 1,30 S. Die Zeitgleichung wird nämlich zum wahren Mittage addirt, weil die wahre gerade Aufst. der Sonne größer ist als die mittlere, die wahre Sonne also östlich von der mittleren steht und daher durch die Rotation der Erde später in den Meridian kommt.

Zweites Beispiel. Welches ist die mittlere Zeit am wahren Mittag am 16ten Octbr. 1831 in Berlin?

W. g. Aufst. a. M. d. 16. Oct. = 13 St. 22 M. 36,48 S.
Mittl. — — oder Sternz. = 13 36 52,22

Unterschied = — 14 M. 15,74 S.

Also (— 14 M. 15,74 S.) . 0,00273 = — 2,34 Sek. Daher die Zeitgleichung = — 14 M. 15,74 S. + 2,34 S. = — 14 M. 13,40 S. und daher die mittlere Zeit im wahren Mittage = 0 U. — 14 M. 13,40 S. = 23 U. 45 M. 46,60 S. Wenn nämlich von — 14 M. 15,74 S. die negative Größe — 2,34 S. abgezogen werden soll, so geschieht es dadurch, daß man sie positiv addirt. Die so gefundene Zeitgleichung muß nun von 0 U. oder 24 St. abgezogen werden, weil die mittlere gerade Aufsteigung größer ist, als die wahre, die mittlere Sonne also östlich von der wahren steht und daher später Mittag macht. Die Subtraction ergibt sich auch schon aus dem Zeichen — vor der Zeitgleichung.

Um für eine nach Sternzeit gemachte Beobachtung die mittlere Sonnenzeit zu finden, ziehe man von der nöthigenfalls um 24 St. vermehrten gegebenen Sternzeit die Sternzeit im mittlern Mittage ab, so findet man, wie viel Zeit

vom Mittage an bis zur Beobachtung verflossen ist. Diese Zeit reducire man auf mittlere Sonnenzeit, so hat man das Verlangte. Es werde z. B. in Berlin am 26. Jan. 1831 eine wahre Beobachtung um 6 Uhr 24 M. 18,35 S. nach Sternzeit gemacht. Am mittleren Mittage des 26. Januar war die Sternzeit = 20 St. 19 M. 58,50 Sek. Dies ziehe man von 6 St. 24 M. 18,35 S. ab und vermehre zu dem Ende die 6 St. um 24. Also

Gegebene Zeit + 24 St. = 30 St. 24 M. 18,35 S.
Sternzeit im mittl. Mittage = 20 19 58,50

folgl. d. bis z. Beob. verfl. Z. = 10 St. 4 M. 19,85 S.

Die Reduction auf mittl. Zeit geschieht, wie oben, durch Multiplication mit 0,00273. Es kommt 1 M. 38,989 S. Diese Reduction von der verflossenen Sternzeit abgezogen, gibt dieselbe in mittl. Zeit = 10 St. 2 M. 40,86 S. Die Beobachtung wurde also Abends um 10 U. 2 M. 40,86 S. nach mittl. Zeit gemacht.

Soll umgekehrt eine nach mittlerer Zeit gemachte Beobachtung in Sternzeit bestimmt werden, so reducire man zuvor erstere auf Sternzeit und addire dann die Sternzeit des mittlern Mittags dazu, so gibt die nöthigenfalls um 24 St. verminderte Summe die gesuchte Sternzeit. Es sei z. B. in Berlin am 8. Febr. 1831 eine Beobachtung Abends um 11 Uhr 33 M. 24,76 S. mittl. Zeit gemacht worden, wie viel war es Sternzeit?

Man multipl. 11 St. 33 M. 24,76 S. mit 0,002738, so ergibt sich die Reduction = 1 M. 53,91 S. Diese zur gegebenen mittl. Zeit addirt, kommt dieselbe in Sternzeit = 11 St. 35 M. 18,67 S. Am mittl. Mittage des 8. Febr. war die Sternzeit = 21 St. 11 M. 13,70 S. Diese zur obigen addirt, kommt 32 St. 46 M. 32,37 S. und davon 24 St. subtrahirt, ergibt sich die Sternzeit = 8 St. 46 M. 32,37 S.

Um die Sternzeit auf einen andern Meridian zu reduciren, muß man wieder den Unterschied der Länge kennen, diese in Zeit verwandeln und dann berechnen, wie viel sich in dieser Zeit die Sternzeit verändert, wenn in 24 Stunden ihre Aenderung 3 M. 56,555 S. beträgt. Liegt der Ort westlich, so wird die gefundene Aenderung addirt, abgezogen aber, wenn er eine östliche Lage hat.

Beispiele. 1. Wie groß ist die Sternzeit am mittl.

Mittage in London am 5. Febr. 1831, wenn sie für den Berliner Meridian bekannt ist?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — London = 17 34 0

Westl. Unterschied = 13° 29′ 9″

Dies beträgt in Zeit 53 M. 56,6 Sek. Man setze also auf:

24 St. : 31″,56,55 S. = 53 M. 56,6 S. : x.

Oder man multiplicire sogleich die gefundene Zeit 53 M. 56,6 S. mit 0,002738, so erhält man die Aenderung 8,86 S. und da die Sternzeit in Berlin am 5. Febr. 1831 = 20 St. 59 M. 24,04 S. ist, so ist die Sternzeit in London = 20 St. 59 M. 32,90 S.

2. Wie groß ist die Sternz. in Königsberg am 28sten Septbr. 1831, wenn sie in Berlin = 12 St. 25 M. 54,28 S. ist?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Königsberg = 38 9 0

Oestlicher Unterschied = — 7° 5′ 51″

Dies beträgt in Zeit — 28′ 23,4″ Dies mit 0,002738 multiplicirt, gibt — 4,66. Also ist die Sternzeit in Königsberg = 12 St. 25 M. 54,28 S. — 4,66 S. = 12 St. 25 M. 49,62 S.

§. 155.

Die Tabelle für den Sonnenlauf enthält die wahre Länge, die wahre gerade Aufsteigung und die Declination der Sonne für das Jahr 1831 und für den Berliner Meridian; die Länge ist für den mittlern und die gerade Aufsteigung nebst der Declination für den wahren Mittag berechnet. Die gerade Aufsteigung ist in Zeit ausgedrückt, die nördliche Declination ist durch das Zeichen +, die südliche durch das Zeichen — angedeutet. Bei der Länge ist die Aberration nicht in Anschlag gebracht, weil sie ohne dieselbe bei der Berechnung der Planetenörter gebraucht wird. Will man daher eine aus Beobachtungen gefundene Länge mit der in der Tabelle vergleichen, so muß die beobachtete erst um den Betrag der Aberration vermehrt, oder die Länge in der Tafel um dieselbe vermindert werden. Zu dem Ende fügen wir folgende Tabelle gleich bei, die den Betrag der

Tabelle für die Aberration.

Januar.		Februar.		März.		April.		Mai.		Juni.	
Tage		Tage		Tage		Tage		Tage		Tage	
0	− 20″,60	4	− 20″,53	1	− 20″,43	0	− 20″,26	5	− 20″,07	4	− 19″,96
5	− 20″,60	9	− 20″,52	6	− 20″,40	5	− 20″,23	10	− 20″,05	9	− 19″,95
10	− 20″,60	14	− 20″,50	11	− 20″,38	10	− 20″,20	15	− 20″,03	14	− 19″,94
15	− 20″,59	19	− 20″,48	16	− 20″,35	15	− 20″,17	20	− 20″,00	19	− 19″,93
20	− 20″,58	24	− 20″,46	21	− 20″,32	20	− 20″,14	25	− 19″,98	24	− 19″,92
25	− 20″,57	29	− 20″,43	26	− 20″,29	25	− 20″,11	30	− 19″,97	29	− 19″,92
30	− 20″,55			31	− 20″,26	30	− 20″,09				

Juli.		August.		September.		October.		November.		December.	
Tage		Tage		Tage		Tage		Tage		Tage	
4	− 19″,92	3	− 19″,96	2	− 20″,08	2	− 20″,25	1	− 20″,43	1	− 20″,55
9	− 19″,92	8	− 19″,98	7	− 20″,11	7	− 20″,28	6	− 20″,45	6	− 20″,57
14	− 19″,93	13	− 20″,00	12	− 20″,14	12	− 20″,31	11	− 20″,47	11	− 20″,58
19	− 19″,93	18	− 20″,02	17	− 20″,17	17	− 20″,34	16	− 20″,49	16	− 20″,59
24	− 19″,94	23	− 20″,04	22	− 20″,19	22	− 20″,37	21	− 20″,51	21	− 20″,59
29	− 19″,95	28	− 20″,06	27	− 20″,22	27	− 20″,40	26	− 20″,53	26	− 20″,60
										31	− 20″,60

Aberration von 5 zu 5 Tagen für alle Monate des Jahres anzeigt.

Für andere Tagesstunden findet man die Länge aus ihrer täglichen Zunahme, z. B. welche Länge hat die Sonne am 19ten Mai 1831 Abends um 6 U. 37 M. 48 S. mittl. Zeit im Berliner Meridian?

Länge der Sonne am 19ten Mai = 57° 41′ 14″,5
— — — — 20sten — = 58 38 56″,1
tägliche Zunahme = 53′ 41″,6

Vom Mittage bis zur gegebenen Zeit sind 6 St. 37 M. 48 S. verflossen; also ergibt sich der Aufsatz:

24 St. : 6 St. 37 M. 48 S. = 57′ 41″,6 : x

Es kommt x = 15′ 56″,3, folglich ist die gesuchte Länge = 57° 41′ 14″,5 + 15′ 56″,3 = 57° 57′ 10″,8.

Die Reduction der Länge in der Tabelle auf andere Meridiane geschieht auf ähnliche Art, wie die der mittlern Zeit. Das Resultat der Rechnung wird bei westlichem Abstande von Berlin zur Länge der Tafel addirt, bei östlichem aber abgezogen.

Beispiele. Wie groß ist die Länge der Sonne am 8ten Januar 1831 im mittlern Mittag für Lissabon?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Lissabon = 8 31 15
Westl. Unterschied = 22° 31 54

Dies beträgt in Zeit 1 St. 30 M. 7,6 S.

Länge der Sonne in Berlin am 8. Jan. = 287° 30′ 3″,7
— — — — — 9. — = 288 31 13,2
Zunahme in 24 St. = 1° 1′ 9″,15

Also der Aufsatz:

24 St. : 1 St. 30 M. 7,6 S. = 1° 1′ 9″,5

Die Rechnung gibt 3′ 49″,6 und diese zur Länge der Tabelle addirt, gibt dieselbe für Lissabon = 287° 33′ 53″,1.

Wie groß ist die Länge der Sonne für Petersburg im mittlern Mittage des 20sten Juli 1831?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— v. Petersburg = 47 58 30
Oestl. Unterschied = — 16° 55′ 21″

Dies beträgt in Zeit — 1 St. 7 M. 41,4 S.

Länge d. Sonne am 19. Juli f. Berlin = 115° 58′ 19″,0
— — — — 20. — — — = 116 55 34,9
Zunahme = 57′ 15″,9

Also der Aufsatz:

24 St. : — 1 St. 7 M. 41,4 S. = 57′ 15″,9 : x.
Es kommt x = — 2′ 41″,5. Dies von der Länge in Berlin am 20. Juli abgezogen, gibt die Länge in Petersburg = 116° 52′ 53″,4.

Eben so kann auch die Rectasc. der Sonne im wahren Mittage für Berlin auf jeden andern Meridian, so wie auch auf jede andere Tagesstunde reducirt werden.

Beispiele. Wie groß ist die gerade Aufsteigung der Sonne im wahren Mittage des 10. März 1831 für London?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — London = 17° 34′ 0″
Westl. Untersch. = 13° 29′ 9″

Dies beträgt in Zeit 53 M. 56,6 S.

Ger. Aufst. d. S. im w. M. d. 10. März	=	23 St.	20 M. 11,27 S.
— — — — — 11. —	=	23	23 52,07
Westl. Untersch. =			3 M. 40,80 S.

Also der Aufsatz:
24 St. : 53 M. 56,6 S. = 3 M. 40,80 S. : x.
Es kommt x = 8,27 S. Folglich ist die Rectasc. für London im w. M. des 10. März = 23 St. 20 M. 11,27 S. + 8,27 S. = 23 St. 20 M. 19,54 S.

Wie groß ist die wahre Rectasc. der Sonne im wahren Mittage des 21. Juli 1831 in Königsberg?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— v. Königsberg = 38° 9′ 0″
Oestl. Untersch. = — 7° 5′ 51″

Dies beträgt in Zeit — 28 M. 23,4 S.

Ger. Auf. der Sonne für Berlin im wahren Mittage des 20. Juli	=	7 St.	55 M. 52,90 S.
— 21. —	=	7	59 53,06
Zunahme =			4 M. 0,16 S.

Also der Aufsatz:
24 St. : — 28 M. 23,4 S. = 4 M. 0,16 S. : x.
Es kommt x = — 4,73 S. Folglich ist die Rectasc. für Königsberg im wahren Mittage des 21. Juli = 7 St. 59 M. 53,06 S. — 4,73 S. = 7 St. 59 M. 48,33 S.

Um die Rectasc. der Sonne für andere Tagesstunden zu finden, verwandle man erstlich diese, wenn sie nach mittlerer Zeit gegeben sind, in wahre Zeit, um zu bestimmen,

wie viel wahre Zeit vom wahren Mittage an verflossen ist, und sucht nun die dazu gehörige Zunahme der Rectasc.

Beispiel. Wie groß ist die wahre gerade Aufst. der Sonne am 8. August 1831 Abends 9 U. 35 M. 43 S. mittl. Zeit für den Meridian von Berlin?

Ger. Aufst. d. S. im w. M. d. 8. Aug. = 9 St. 10 M. 16,31 S.
— — — — — 9. = 9 14 5,36

Zunahme = 3 M. 49,05 S.

Zeitgl. im w. M. des 8. Aug. = — 5 M. 25,33 S.
— — — — 9. = — 5 17,85

Abnahme = — 7,48

Daraus die Abnahme der Zeitgl. für die Zeit der Beobachtung = 2,98 S., also die Zeitgleichung selbst in diesem Augenblicke = 5 M. 25,33 S. — 2,98 S. = 5 M. 22,35 S.; folglich die wahre Zeit der Beobachtung = 9 St. 35 M. 43 S. — 5 M. 22,35 S. = 9 St. 30 M. 20,65 S.

Also der Aufsatz:

24 St. : 9 St. 30 M. 20,65 S. = 3 M. 49,05 S. : x.

Die Rechnung gibt x = 1 M. 30,72 S. Diese zur Rectascension im wahren Mittage addirt, kommt die Rectasc. für die Zeit der Beobachtung = 9 St. 11 M. 47,03 S.

Wie groß ist die wahre gerade Aufst. der Sonne am 12. Juni 1831 früh um 3 U. 28 M. 37,9 S. nach bürgerlicher mittlerer Zeit für den Meridian von Berlin?

Der 12. Juni früh um 3 Uhr ist astronomisch der 11. Juni 15 St. Also

Ger. Aufst. d. S. im w. M. d. 11. Juni = 5 St. 15 M. 15,51 S.
— — — — — — 12. = 5 19 24,18

Zunahme = 4 M. 8,67 S.

Zeitgl. im w. M. des 11. Juni = + 54,15 S.
— — — — 12. = + 42,07

Abnahme = 12,08 S.

Daraus ergibt sich die Abnahme der Zeitgleichung für die gegebene Zeit = 6,64 S. und also die Zeitgleichung in derselben = 47,51, also die wahre Zeit = 15 St. 28 M. 37,9 S. + 47,51 S. = 15 St. 29 M. 25,41 S. Daher denn der Aufsatz:

24 St. : 15 St. 29 M. 25,41 S. = 4 M. 8,67 S. : x.

Es kommt x = 2 M. 40,50 S. Diese zur Rectasc. im w. M. des 11. Juni addirt, kommt die Rectasc. zur gegebe-

nen Zeit = 5 St. 15 M. 15,51 S. + 2 M. 40,50 S. = 5 St. 17 M. 56,01 S.

§. 156.

Auch die Deklination der Sonne ist für den Augenblick des wahren Mittags und für den Berliner Meridian angegeben. Um diese auf andere Meridiane und Tagesstunden zu reduciren, nimmt man wegen der großen Ungleichheit in der täglichen Veränderung lieber ihre 48stündige Aenderung und rechnet damit, wie folgende Beispiele lehren. Der Ort kann entweder westlich oder östlich von Berlin liegen und die Deklination entweder nördlich oder südlich und in beiden Fällen zu- oder abnehmend sein. Wir geben also folgende Beispiele.

I. Der Ort liegt westlich von Berlin.

1) Die Deklination ist südlich.

a. Zunahme derselben.

Wie groß ist die südliche Deklination der Sonne im wahren Mittag des 2. Octbr. 1831 im Meridian von Paris?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Paris = 20 0 0

Westl. Untersch. = 11° 3′ 9″

Dies beträgt in Zeit 44 M. 12,6 S.

Dekl. d. S. in Berl. im w. M. des 3. Oct. = — 3° 45′ 26″,5
— — — — — — — 1. = — 2 58 49″,4

Zunahme in 48 St. = — 46′ 37″,1

Daher der Aufsatz:

48 : 44 M. 12,6 S. = — 46′ 37,1 S. : x.

Die Rechnung gibt x = — 42″,9. Nun ist die Dekl. der Sonne am 2. Oct. in Berlin = — 3° 22′ 9″,0, also dieselbe in Paris = — 3° 22′ 9″,0 — 42″,9 = — 3° 22′ 51″,9, denn da in Paris wegen der westlichen Lage der Mittag um 44 M. 12,6 S. später eintritt als in Berlin, so muß in dieser Zeit die südliche Dekl. um 42″,9 zugenommen haben.

b. Abnahme derselben.

Wie groß ist die Deklination der Sonne im wahren Mittage des 6. März 1831 unter dem Meridian von Kadix?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Kadix = 11 22 23

Westl. Untersch. = 19° 40′ 46″

Dies beträgt in Zeit 1 St. 18 M. 43,06 S.
Dekl. d. S. in Berl. im w. M. d. 7. März = −5° 27, 31″,7
— — — — — — 5. = −6 13 56″,7
Abnahme in 48 St. = + 46′ 25″,0

Daher der Aufsatz:
48 St. : 1 St. 18 M. 43,06 S. = 46′ 25″,0 : x.
Die Rechnung gibt x = + 1′ 16″,12. Da nun die Dekl. am 6. März für Berlin = — 5° 50′ 46,″6 ist, so ist sie wegen des westl. Meridianunterschiedes in Kadix weniger südlich, also = — 5° 50′ 46″,6 + 1′ 16″,12 = — 5° 49′ 30″,48.

2) Nördliche Deklination.

a. Zunahme derselben.

Wie groß ist die Dekl. der Sonne im w. M. des 10. April 1831 für den Meridian von Madrid?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Madrid = 13 52 30
Westl. Untersch. = 17° 10′ 39″
Dies beträgt in Zeit 1 St. 8 M. 42,6 S.
Dekl. d. S. in Berl. im w. M. d. 11. April = + 8° 7′ 57″,4
— — — — — — 9. = + 7° 23′ 23″,2
Aenderung in 48 St. = + 44′ 34″,2

Daher der Aufsatz:
48 St. : 1 St. 8 M. 42,6 S. = 44′ 34″,2 : x.
Es kommt x = + 1′ 3″,8. Da nun am 10. April die Deklination der Sonne in Berlin = + 7° 45′ 41″,2 ist, so muß sie, da der w. M. in Madrid später fällt, daselbst um 1′ 3″,8 größer sein, also = 7° 46′ 45″.

b. Abnahme der Deklination.

Wie groß ist die Deklination der Sonne im wahren Mittage des 3. Sept. 1831 unter dem Meridian von Bordeaux?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Bordeaux = 17 5 46
Westl. Untersch. = 13° 57′ 23″
Dies beträgt in Zeit 55 M. 49″,5 S.
Dekl. d. S. in Berl. im w. M. d. 4. Sept. = + 7° 23′ 52″,5
— — — — — — 2. = + 8 7 50″,8
Aenderung in 48 St. = — 43′ 58″,3

Daher der Aufsatz:

48 St. : 55 M. 49,5 S. = — 43′ 58″3 : x.
Es kommt x = — 51″,14. Da nun für Berlin am 3. Sept. die Deklination der Sonne = 7° 45′ 55″,5 ist, so ist sie für Bordeaux = 7° 45′ 55″,5 — 51″,14 = 7° 45′ 4″,4, denn wegen seiner westlichen Lage muß sie weniger als in Berlin abgenommen haben.

II. Der Ort liegt östlich von Berlin.

1) Südliche Deklination.

a. Zunahme derselben.

Wie groß ist die Deklination der Sonne im wahren Mittage des 26. Nov. 1831 für den Meridian von Moskau?

Länge von Berlin = 31° 3′ 59″
— — Moskau = 55 12 45
Oestl. Unterschied = — 24° 8′ 46″

Dies beträgt in Zeit — 1 St. 36 M. 35,1 S.

Dekl. d. S. in Berl. im w. M. d. 27. Nov. = —21° 3′ 26″,8
— — — — — — 25. = —20 40 19″,8
Aenderung in 48 St. = — 23′ 7″,0

Daher der Aufsatz:
48 St. : —1 St. 36 M. 35,1 S. = — 23′ 7″,0 : x.
Es kommt x = + 1′ 33″,03. Daher ist die südliche Deklination, indem sie am 26. Nov. für Berlin = 20° 52′ 5″,0 ist, für Moskau = 20° 52′ 5″,0 + 1′ 33″,03 = 20° 53′ 38″,03, also größer als in Berlin, weil in Moskau der wahre Mittag eher eintritt, also die Deklination auch eher zunimmt als in Berlin.

b. Abnahme der südlichen Deklination.

Wie groß ist die südliche Deklination der Sonne unter dem Meridian von Pecking am 10. Februar 1831?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Pecking = 143 7 30
Oestl. Unterschied = — 112° 4′ 21″

Dies beträgt in Zeit — 7 St. 28 M. 17,4 S.

Dekl. d. S. f. Berl. im w. M. d. 11. Febr. = —14° 10′ 18″,7
— — — — — — 9. = —14° 49′ 6″,9
Aenderung in 48 St. = + 38′ 48″,2

Daher der Aufsatz:
48 St. : — 7 St. 28 M. 17,4 S. = + 38′ 48″,2 : x.
Es kommt x = — 6′ 2″,4. Da nun am 10. Februar die

südliche Deklination in Berlin = — 14° 29′ 50″,0 ist, so ist sie in Pecking = — 14° 29′ 50″,0 — 6′ 2″,4 = — 14° 35′ 52″,4, denn Pecking hat eher Mittag als Berlin, also hat hier die Deklination noch nicht so viel abgenommen als in Berlin.

2) Nördliche Deklination.

a. Zunahme derselben.

Wie groß ist die nördliche Deklination unter dem Meridian von Dorpat im wahren Mittage des 7. Mai 1831?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— — Dorpat = 44 23 30

Oestl. Unterschied = — 13° 29′ 21″
Dies beträgt in Zeit — 53 M. 21,4 S.
Dekl. d. S. f. Berl. im w. M. d. 8. Mai = + 16° 56′ 50″,4
— — — — — — 6. = + 16 23 25″,0

Aenderung in 48 St. = + 33′ 25″,4

Daher der Aufsatz:

48 St. : — 53 M. 21,4 S. = + 33′ 25″,4 : x.

Es kommt x = — 37″,15. Da nun am 7. Mai die Deklination der Sonne für Berlin = 16° 40′ 16″,0, so ist sie für Dorpat = 16° 40′ 16″,0 — 37″,15 = 16° 39′ 38″,85, also wegen der östlichen Lage kleiner als in Berlin.

b. Abnahme der Deklination.

Wie groß ist die nördliche Deklination unter dem Meridian von Jerusalem am 28. August 1831?

Länge von Berlin = 31° 3′ 9″
— v. Jerusalem = 53° 0 0

Oestl. Unterschied = — 22° 3′ 9″
Dies beträgt in Zeit — 1 St. 28 M. 12,6 S.
Dekl. d. S. f. Berl. im w. M. d. 29. Aug. = + 9° 34′ 9″,3
— — — — — — 27. = + 10 16 24″,3

Aenderung in 48 St. = — 42′ 15″,0

Also der Aufsatz:

48 St. : — 1 St. 28 M. 12,6 S. = — 42′ 15″,0 : x.

Es kommt x = + 1′ 17″,6. Also da die Deklination in Berlin am 28. Aug. = + 9° 55′ 21″,6 ist, so ist sie in Jerusalem = 9° 55′ 21″,6 + 1′ 17″,6 = 9° 56′ 39″,2; denn an dem östlichern Orte kann die Deklination noch nicht so abgenommen haben, als an dem westlichern.

Aus den vorigen Rechnungen ergibt sich, daß die Kor=

rektion der Deklination für westliche Oerter positiv, für östliche negativ werde, so lange die Sonne sich dem Nordpole nähert, also in den aufsteigenden Zeichen sich befindet, und daß sie für westliche negativ, für östliche positiv ausfallen müsse, so lange die Sonne sich vom Südpol entfernt, oder in den niedersteigenden Zeichen sich bewegt.

Um die Deklination auf andere Tageszeiten zu reduciren, bedient man sich ebenfalls der 48stündigen Unterschiede. Ist die Tageszeit nach mittlerer Zeit gegeben, so wird diese zuvor in wahre verwandelt. z. B.

Wie groß ist in Berlin die nördliche Deklination der Sonne am 12. April 1831 Abends um 5 U. 48 M. 37 S. mittlerer Zeit?

Zeitgl. im w. M. des 13. April = — 41″,01 S.
— — — 12. = — 56″,89

Aenderung in 24 St. = + 15″,88 S.

Daraus ergibt sich die Abnahme für die gegebene Tageszeit = + 3,84 S., also die Zeitgl. selbst = — 53,05 S. und folglich die wahre Zeit = 5 St. 47 M. 43,94 S.

Nun ist die Dekl. der Sonne im w. M.

des 13. April = 8° 51′ 47″,0
— 11. — = 8 7 51″,4

Aenderung in 48 St. = + 43′ 55″,6

Also der Aufsatz:

48 St. : 5 St. 47 M. 43,94 S. = 43′ 55″,6 : x.

Es kommt x = 5′ 18″,22. Dies nun zur Deklination der Sonne am 12. April = 8° 29′ 53″,4 addirt, kommt die Deklination in der gegebenen Zeit = 8° 35′ 11″,6.

Wie groß ist die Deklination der Sonne am 24. Sept. 1831 früh um 3 U. 46 M. 28,5 S. mittl. Zeit?

Zeitgl. am w. M. des 24. Sept. = + 7 M. 48,33 S.
— — — 23. = + 7 27,54

Aenderung in 24 St. = + 20,79 S.

Daraus ergibt sich die Aenderung für die Zeit der Beobachtung = + 13,55, also die Zeitgl. selbst = 7 M. 27,54 S. + 13,55 S. = 7 M. 41,09 S. und also die w. Zeit = 15 St. 38 M. 47,41 S.

Nun ist Dekl. der Sonne im wahren Mittage

des 25. Sept. = — 0° 38′ 26″,5
— 23. = + 0 8 22″,5

Aenderung in 48 St. = — 46′ 49″,0

Also der Aufsatz:

48 St. : 15 St. 38 M. 47,41 S. = — 46′ 49″ : x.

Es kommt x = — 15′ 16″,2. Die gegebene bürgerliche Zeit ist astronomisch = 23. Sept. 15 St. 38 M. 47,41 S. wahrer Zeit und im wahren Mittage des 23. Sept. war die Deklination = + 0° 8′ 22″,5, folglich zur Zeit der Beobachtung = + 0° 8′ 22″,5 — 15′ 16″,2 = — 0° 6′ 53″,7. Die Sonne steht also den 24. Sept. früh nach 3 Uhr schon südlich vom Aequator, während sie den Mittag vorher noch nördlich war.

Wie groß ist die südliche Deklination am 6. November Abends 9 U. 51 M. 17,56 S. mittl. Zeit?

Zeitgl. am w. M. des 7. Nov. = + 16′ 10″,32
— — — 6. = + 16 13″,16

Daraus ergibt sich die Aenderung für die Zeit der Beobachtung = — 1″,13, daher die Zeitgleichung für diesen Augenblick = 16′ 12″,03, also die wahre Zeit = 9 St. 35 M. 5,53 S. Nun ist

Dekl. d. S. im w. M. d. 7. Nov. = — 16° 8′ 48″,3
— — — — 5. = — 15 32 30″,3

Aenderung in 48 St. = — 36′ 18″,0

Daher der Aufsatz:

48 St. : 9 St. 35 M. 5,53 S. = — 36′ 18″ ; x.

Es kommt x = — 7′ 14″,9. Am 6. Nov. ist die südliche Deklination = — 15° 50′ 47″,2 und daher zur gegebenen Zeit = — 15° 50′ 47″,2 — 7′ 14″,9 = — 15° 58′ 2″,1.

Wie groß ist die südliche Deklination am 11. Februar um 3 U. 28 M. 56,8 S. mittl. Zeit?

Zeitgl. am w. M. des 12. Febr. = — 14 M. 34,13 S.
— — — 11. = — 14 34,25

Aenderung in 24 St. = + 0,12 S.

Daher die Aenderung für die Zeit der Beobachtung = 0,016, also die Zeitgl. in diesem Augenblicke = — 14 M. 34,25 S. + 0,016 = — 14 M. 34,23, folglich die w. Zeit = 3 St. 14 M. 22,6 S. Nun ist

Dekl. d. S. im w. M. d. 12. Febr. = — 13° 50′ 33″,3
— — — — 10. = — 14 29 50″,0

Aenderung in 48 St. = + 39′ 16″,7

Also der Aufsatz:

48 St. : 3 St. 14 M. 22,6 S. = + 39′ 16″,7 : x. Die Rechnung gibt x = + 2′ 39″,06; und da am 11. Febr. die südliche Dekl. = — 14° 10′ 18″,7 ist, so ist sie zur gegebenen Zeit = — 14° 10′ 18″,7 + 2′ 39″,06 = — 14° 7′ 39″,6.

§. 157.

Zum Beschluß dieses Abschnitts wollen wir für diejenigen, welche mit der Mathematik nicht ganz unbekannt sind, noch einige Aufgaben beifügen.

Aufgabe. Die Zeit der Culmination eines Fixsterns oder Planeten nebst der Zeit des Auf- und Untergangs beider, so wie der Sonne zu finden.

Es sei Fig. 135. **P** der Nordpol, **AQ** der Aequator, **Z** das Zenith, **GH** der Horizont, **BD** und **EF** Tagekreise der Sonne oder eines andern Sterns, **PZG** der Meridian eines Orts, dessen Polhöhe = **PH** ist. Es ist wahrer Mittag, wenn die Sonne in **B** oder **E**, und also auch ihr Rectascensionspunkt **A** culminirt. Ein Stern in **L** wird culminiren, wenn sein Stundenkreis **PLm** in den Meridian **PZA** kommt, folglich später als die Sonne, und zwar um so viel später, als sein Rectascensionspunkt **m** Zeit gebraucht, den Bogen **mA** zu durchlaufen. Die Lage des Punktes **A** kennt man aus der Rectascension der Sonne im wahren Mittage und die Lage des Punktes **m** aus der Rectasc. des Sterns **L**. Beide findet man durch Beobachtungen oder aus astronomischen Tafeln. Die Rectascension der Sonne ändert sich beständig. Culminirt sie heute, wenn **A** im Meridian steht, so culminirt sie morgen erst, wenn der östlicher gelegene Punkt **n** in den Meridian kommt. Diesen 24stündigen Unterschied der Rectascensionen der Sonne **An**, findet man aus den astronomischen Tafeln, wenn man die Rectascension des ersten Tages von der des zweiten abzieht. Nun sind 2 Fälle möglich. Der Ort, für den die Culmination gesucht wird, liegt entweder in demselben Meridian, für den die Ephemeriden berechnet sind, oder nicht. Im ersten Falle findet man den Unterschied der Rectascension der Sonne und des Sterns sogleich aus den Tafeln, wenn man die erstere von der letztern abzieht, und im Fall diese kleiner ist, vorher 360° dazu addirt. Im zweiten Falle muß man, wie oben gezeigt ist, die Rectascension der Sonne auf den Meridian

der Beobachtung reduciren. Diese verbesserte Rectascension der Sonne wird nun von der Rectascension des Sterns abgezogen, wodurch der Bogen Am bekannt wird. Jetzt macht man folgenden Schluß: In der Zeit vom heutigen wahren Mittage bis zum nächstfolgenden geht der ganze Aequator oder 360° durch den Meridian, und noch der Bogen An, weil die Sonne am nächsten Mittage nicht mehr in A, sondern in n ist: wie viel Zeit braucht also der Bogen Am oder der Unterschied der Rectascensionen des Sterns und der Sonne, damit m den Meridian erreiche? Dies gibt der Aufsatz:

360° + An : Am = 24 St. : gesuchten Zeit.

Beispiel zur Erläuterung. Es sei die Rectascension eines Sterns = 277° 12′ 17″, mein Wohnort liegt 15° westlicher als der Meridian der Ephemeriden. Diese geben die Rectascension der Sonne im wahren Mittage zu 38° 59′ 52″ an, am folgenden Mittage aber zu 39° 57′ 7″, die tägliche Aenderung ist also 57′ 15″. Davon ist der 24. Theil = 2′ 23″, dies zu 38° 59′ 22″ addirt, gibt die Rectascension der Sonne im wahren Mittage meines Ortes = 39° 2′ 15″. Zieht man nun diese Größe von 277° 12′ 17″ ab, so kommt der Bogen Am = 258° 10′ 2″. Jetzt setzt man auf:

360° 57′ 15″ : 258° 10′ 2″ = 24 St. : gesuchten Zeit.

Das Facit ist 15 St. 50 M. 9 S. Addirt man nun diese Zeit zum wahren Mittage des Orts der Beobachtung, so erhält man die Zeit der Culmination des Sterns früh um 3 U. 50 M. 9 S. wahrer Zeit, welche man nachher vermittelst der Zeitgleichung in mittlere Zeit, wie sie unsere Uhren zeigen, verwandeln kann.

Hat man die Culmination eines Sterns gefunden, so läßt sich der halbe Tagbogen desselben, folglich auch die Zeit seines Auf- und Unterganges finden. In der Figur ist z. B. KBR der ganze Tagbogen des Sterns, also KB oder BR der halbe, dieser ist also als KB der Bogen vom Aufgangspunkte des Sterns in K bis zum Culminationspunkte in B, und als KR der Bogen von dieser Culmination bis zum Untergangspunkte R. Von K bis B drehet sich der Stundenkreis PKM in die Lage PBA, und dies geschieht in eben der Zeit, in der sich der Punkt M des Aequators, der senkrecht unter K liegt, durch den Bogen MA bewegt. Da nun dieser Bo-

gen das Maß des Winkels **MPA** ist, so wird durch diesen Winkel auch die Größe des halben Tagbogens bestimmt. Man hat also das Dreieck **KPZ** zu betrachten, in welchem der Winkel bei **P** der verlangte Winkel ist. Ist nun die Polhöhe **PH** des Ortes und die Deklination des Sterns **BA** oder **KM** bekannt, so kennt man im Dreiecke **KPZ** erstlich die Seite **PZ = HZ — PH** = 90° — **PH**, zweitens die Seite **PK = PM — KM** = 90° — **KM**, drittens die Seite **KZ** = 90°, weil **Z** als das Zenith 90° von jedem Punkte des Horizonts absteht. Nun lehrt die sphärische Trigonometrie, aus den drei Seiten eines Dreiecks die Winkel zu finden. Denkt man sich den Bogen **ZP** bis zum Horizont in **H** verlängert, so ist **ZH** ein Quadrant, also 90°. Nun betrachte man das bei **H** rechtwinklichte Dreieck **PHK**; in diesem kennt man **PH** (die Polhöhe) und **PK** (die Ergänzung der Deklination zu 90°), und den rechten Winkel **PHK**, also verhält sich **Sin. tot. : Tang. PH = Cotang. PK : Cosin. KPH**, oder da **KM** die Ergänzung von **PK** zu 90°, also **Cotang. PK = Tang. KM** ist, so verhält sich auch **Sin. tot. : Tang. PH = Tang. KM : Cosin. KPH**, d. h. es verhält sich der Sinus totus zur Tangente der Polhöhe, wie die Tangente der Deklination des Sterns zum Cosinus des Winkels **KPH**. Hat man nun diesen Winkel gefunden, so ziehe man denselben von 180° ab, so erhält man den Nebenwinkel **KPZ** und dadurch die Größe des Bogens **AM**, folglich den halben Tagbogen des Sterns. Verwandelt man nun diesen Bogen in Zeit, und zieht man diese von dem Augenblicke der Culmination des Sterns ab, so erhält man die Zeit des Aufganges; addirt man aber dieselbe zur Culmination, so ergibt sich der Augenblick des Unterganges. Um wahre Sonnenzeit zu finden, muß man nicht vergessen, daß in 24 Stunden nicht nur 360°, sondern auch noch der Bogen **An**, d. h. der dem Zeitunterschiede von einer Culmination der wahren Sonne bis zur nächsten entsprechende Bogen des Aequators durch den Meridian geht; man setzt also auf 360° + **An** : halben Tagbogen des Sterns = 24 Stunden : gesuchten Zeit.

Um die Culmination eines Planeten, dessen Rectascension bekannt ist, zu finden, muß man bemerken, daß durch die Bewegung des Planeten in seiner Bahn auch seine Rectascension geändert wird. Steht also heute der Planet so,

daß sein Stundenkreis in m eintrifft, so wird derselbe in 24 Stunden so weit nach Osten gerückt sein, daß sein Stundenkreis durch den Punkt o geht. Die Sonne hat sich also dem Planeten nicht um den Bogen An, sondern nur um An — mo genähert. In der Proportion für die Culmination setze man also An — mo anstatt An, d. h. mit andern Worten: man setze statt der wahren Bewegung der Sonne ihre relative, die sie in Beziehung auf den Planeten hat, so findet man die Zeit der Culmination des letztern. Es sei z. B. im wahren Mittage eines Orts die Rectascension der Sonne = 39° 2′ 15″, ihre tägliche Bewegung An = 57′ 15″, die Rectascension des Planeten = 170° 6′ 31″, seine tägliche Bewegung mo = 18′ 3″, so ist An — mo = 39′ 12″ und der Unterschied beider Rectascensionen oder Am = 131° 4′ 16″, also hat man die Proportion:
360° 39′ 12″ : 131° 4′ 16″ = 24 St. : gesuchten Zeit.
Die Rechnung gibt 8 St. 43 M. 20 S., folglich culminirt der Planet Abends 8 U. 43 M. 20 S. wahrer Sonnenzeit.

Der Auf- und Untergang der Planeten kann, mit Ausnahme des Mondes, auf gleiche Art, wie der der Fixsterne, gefunden werden, wenigstens ist der Fehler unbedeutend, da er keine volle Minute beträgt. Ist daher die Deklination des Planeten bekannt, so berechnet man daraus nach der obigen Proportion seinen halben Tagebogen und verwandelt diesen in Zeit, nur daß man statt An die Differenz An — mo setzt, also die Proportion berechnet: 360° + An — mo : halb. Tagbog. d. Pl. = 24 St. : gesuchten Zeit. Diese Zeit von der Culmination abgezogen oder dazu addirt, gibt Auf- und Untergang. Der kleine Fehler, der dabei stattfindet, rührt daher, daß der Planet seine Deklination binnen einem Tage und also auch binnen Theilen des Tages ändert, so daß beim Auf- und Untergange AB nicht = MK, sondern etwas größer oder kleiner ist, je nachdem die Deklination zu- oder abnimmt. Will man darauf Rücksicht nehmen, so berechne man erst die Zeit des Auf- und Unterganges für die unveränderte Deklination AB und suche nun für diese Zeit die Deklination. Aus den astronomischen Tafeln kennt man nämlich den Unterschied der Deklinationen für 24 Stunden, daraus findet man durch die Regel de tri den Unterschied für den berechneten halben Tagbogen, welcher von AB abgezogen oder dazu addirt, die Deklination am Horizont

gibt. Aus dem so berichtigten MK berechne man den halben Tagebogen aufs neue und findet so Auf- und Untergang.

Auf dieselbe Art verfährt man auch bei der Sonne, nur daß bei der Verwandlung in Zeit die Größe An ganz wegfällt, weil bei der Sonne mo = An, also An — mo = o und folglich 360° + An — mo = 360° wird. Durch die Größe des halben Tagebogens erfährt man auch die Tages- und Nachtlänge.

Wir wollen jetzt folgendes Beispiel durchführen. Wann fällt Auf- und Untergang der Sonne am 1. April 1831 unter dem Meridian und Parallel von Dessau?

Die Polhöhe von Dessau ist = 51° 50′ 6″, die Länge 29° 56′ 45″, die Deklination der Sonne nach den Berlin. Ephemeriden 4° 21′ 2″,0 nördlich zur Zeit des wahren Mittags. Bringt man diese auf den Meridian von Dessau, so kommen 4° 21′ 6″,3. Denn der Unterschied der Länge von Berlin und Dessau beträgt 1° 6′ 24″, oder in Zeit 4 M. 25,6 S.

Nun ist Dekl. d. Sonne am 31. März = 3° 57′ 49″,8
— — — 2. April = 4 44 9″,6
Aenderung in 48 St. = 46′ 19″,8

Also:

48 St. : 4 M. 25,6 S. = 46′ 19″,8 : x.

Es kommt x = 4,3. Da nun die Deklination der Sonne am 1. April = 4° 21′ 2″,0, so ist sie für Dessau um 4″,3 größer, also = 4° 21′ 6,3. Nimmt man nun diese Deklination auch für den Morgen und Abend des 1. April als unverändert an, so läßt sich die Proportion berechnen:

Sin. tot. : Tang. PH = Tang. KM : Cos. KPH
Sin. tot. : Tang. 51° 50′ 6″ = Tang. 4° 21′ 6″,3 : Cos. KPH

Log. Tang. 51° 50′ 6″ = 10,1046141
Log. Tang. 4° 21′ 6″,3 = 8,8801236
18,9847377
Log. Sin. tot. = 10,0000000
Log. Cos. KPH = 8,9847377

Folglich KPH selbst = 84° 27′ 25″, folglich der Nebenwinkel KPZ = 95° 32′ 25″. Diesen Bogen verwandle man in Zeit durch den Ansatz:

360° : 95° 31′ 25″ = 24 St. : gesuchten Zeit.

Es kommen 6 St. 22 M. 9,6 S. Diese Zeit von 12 Uhr

abgezogen, gibt den Aufgang um 5 U. 37 M. 50,4 S., durch Addition aber den Untergang um 6 U. 22 M. 9,6 S., beides in wahrer Zeit.

Will man aber genauer rechnen, so suche man die Aenderung der Deklination für die gefundene Zeit. Die 48stündige Aenderung betrug oben 46′ 19″,8. Dies gibt den Aufsatz:

48 St. : 46′ 19″,8 = 6 St. 22′ 5,6 S. : x.

Es kommt x = 6′ 8″,8. Zieht man dieses von der Deklination am Mittage des 1. April ab, so kommt die Deklination am Morgen = 4° 14′ 53″,2 und addirt man, so ergibt sich die Deklination beim Untergange = 4° 27′ 10″,8. Nach diesen beiden Verbesserungen berechne man wieder die Proportion:

Sin. tot. : Tang. PH = Tang. KM : Cos. KPH
Sin. tot. : Tang. 51° 50′ 6″ = Tang. 4° 14′ 53″,2 : Cos. KPH
Log. Tang. 51° 50′ 6″ = 10,1046141
Log. Tang. 4° 14′ 53″,2 = 8,8708701
18,9754841
Log. Sin. tot. = 10,0000000
Log. Cos. KPH = 8,9754841

Dies gibt den Winkel **KPH** selbst = 84° 34′ 36″,5, also den Nebenwinkel **ZPK** = 95° 25′ 23″,5 und dieser, in Zeit verwandelt, ist = 6 St. 21 M. 41,5 S. Der Aufgang der Sonne fällt also am 1. April Morgens 5 U. 38 M. 18,5 S. Für die Berechnung des Untergangs ist **KM** = 4° 27′ 10″,8. Daher die Rechnung

Sin. tot. : Tang. PH = Tang. KM : Cos. KPH
Sin. tot. : Tang. 51° 50′ 6″ = Tang. 4° 27′ 10″,8 : Cos. KPH
Log. Tang. 51° 50′ 6″ = 10,1046141
Log. Tang. 4° 27′ 10″,8 = 8,8913057
18,9960198
Log. Sin. tot. = 10,0000000
Log. KPH = 8,9960198

Also der Winkel **KPH** = 84° 18′ 48″,1 und daher der Nebenwinkel = 95° 41′ 11″,9, welches in Zeit beträgt 6 St. 22 M. 44,8 S. Der Untergang fällt also um 6 U. 22 M. 44,8 S.

Beide halbe Tagebogen zusammen addirt, geben die Tageslänge = 12 St. 44 M. 26,3 S. und die Nachtlänge = 11 St. 15 M. 33,7 S.

Die gefundene wahre Zeit kann man wieder nach den obigen Regeln in mittlere verwandeln. Der Aufgang der Sonne am 1. April fällt zwischen den Mittag des 31. März und den Mittag des 1. April, der Untergang zwischen diesen und den Mittag des 2. April. Vom Mittage des 31. März bis zum Aufgange verfließen 17 St. 38 M. 18,5 S. Die Zeitgleichung im wahren Mittage des 31. März ist = — 4 M. 26,39 S., am 1. April aber — 4 M. 7,97 S., der Unterschied also = 18,42 S. Wenn also die Zeitgleichung in 24 St. um 18,42 S. abnimmt, so beträgt die Abnahme in 17 St. 38 M. 18,53 S. ziemlich genau 13,5 S., also ist die Zeitgleichung für den Aufgang = — 4 M. 12,86 S. und daher der Aufgang in mittlerer Zeit um 5 U. 42 M. 31,3 S. In Beziehung auf den Untergang ist die Zeitgleichung am 1. April = — 4 M. 7,97 S. und am 2. April = — 3 M. 49,66 S., folglich der Unterschied = 18,31 S. Aus dieser 24stündigen Aenderung ergibt sich wieder die Abnahme bis zum Untergange = 4,8, also die Zeitgleichung für den Untergang = — 4 M. 3,1 S. und daher dieser selbst um 6 U. 26 M. 47,9 S.

Durch die Strahlenbrechung wird bewirkt, daß die Himmelskörper eher auf- und später unterzugehen scheinen, als beides wirklich der Fall ist. Unter der gegebenen Polhöhe und Deklination der Sonne beträgt die Strahlenbrechung in Zeit etwa 3 M. 30 S. Daher erscheint der Aufgang der Sonne um 5 U. 39 M. 1,3 S. und der Untergang um 6 U. 30 M. 17,9 S.

§. 158.

Wir haben §. 86. am Ende des Nonagesimus, so wie der Punkte des Aufgangs und Untergangs in der Ekliptik erwähnt. Darüber wollen wir jetzt noch einige Erläuterungen beibringen. Ist Fig. 136. in **Z** das Zenith, in **N** der Weltpol, der Kreis **NZAH** also im Meridian, **HR** der Horizont, **AQ** der Aequator, **BD** die Ekliptik, **F** der auf der hintern Halbkugel gelegene Pol der Ekliptik, **V** der Frühlingspunkt, so ist **S** der aufgehende und **B** der culminirende Punkt der Ekliptik und 90° von **S** entfernt der Punkt **m** der Nonagesimus, durch welchen der zugleich durch den Pol der Ekliptik **F** gehende Scheitelkreis **FZmn** gezogen ist, auf welchem der Bogen **mn** die Höhe des Nonagesimus über dem Horizont

bestimmt. Da der Scheitelkreis sowohl durch den Pol des Horizonts als der Ekliptik geht, so steht er auf beide Kreise senkrecht und folglich ist der Aufgangspunkt S der Pol desselben und daher der Bogen mn das Maß des Winkels mSn, den die Ekliptik mit dem Horizont macht. Ist nun die Polhöhe NR bekannt, so weiß man auch die Höhe des Aequators AH = 90° — NR, und ist die Rectascension des culminirenden Punktes A vom Aequator bekannt, so läßt sich auch die Länge des culminirenden Punktes B der Ekliptik durch Berechnung des Bogens BV finden. Denn in dem bei A rechtwinklichten Dreieck AVB ist AV (= 360° — der Rectascension von A), der rechte Winkel BAV und die Schiefe der Ekliptik BVA bekannt, also findet man BV durch die Proportion:

Sin. tot. : Cos. BVA = Cotang. AV : Cotang. BV

Dieser Bogen BV von 360° abgezogen, gibt alsdann die Länge des Punktes B, weil dieser westlich von V liegt. Auch findet man die Deklination AB durch die Proportion:

Sin. tot. : Sin. AV = Tang. BVA : Tang. AB.

Diese Deklination AB, da sie südlich ist, von der Aequatorshöhe AH abgezogen, gibt den Bogen BH oder die Höhe des culminirenden Punktes B der Ekliptik. Ferner läßt sich auch der Winkel ABV, den die Ekliptik mit dem Meridian macht, durch die Proportion:

Sin. tot. : Sin. BVA = Cos. AV : Cos. ABV

bestimmen. Nun kennt man also in dem bei H rechtwinklichten Dreieck HSB die Seite HB, den rechten Winkel BHS und den Winkel HBS = 180° — ABV, folglich läßt sich darin alles Andere bestimmen. Zuerst nämlich der Winkel des Aufgangs BSH durch die Proportion:

Sin. tot. : Sin. ABS = Cos. HB : Cos. BSH

Dann auch die Länge des aufgehenden Punktes der Ekliptik oder der Bogen VS. Aus dem Vorigen nämlich kennen wir schon den Bogen BV; berechnet man also noch im Dreiecke HSB den Bogen BS, so findet sich VS, wenn man BV von BS abzieht. Es findet sich aber BS durch die Proportion:

Sin. tot. : Cos. HBS = Cotang. BH : Cotang. BS

So wie nun die Lage in der Figur angenommen ist, wo der größere Theil der halben Ekliptik auf der Ostseite des Meridians liegt, wird man den gefundenen Bogen erst von 180° abziehen müssen, um die wahre Größe von BS durch den

bleibenden Rest zu finden, denn offenbar ist **BS** größer, als 90°; die Rechnung gibt aber den Bogen nur spitz, also ist **BS** das Complement desselben zu 180°.

Auf dem Globus sieht man, daß der Nonagesimus allemal in den Meridian kommt, wenn der erste Punkt des Krebses oder Steinbocks culminirt, weil sich alsdann der erste Punkt des ♈ oder der ♎ im Horizont befindet. Dagegen steht der Nonagesimus auf der Ostseite des Meridians, wie in der Figur, wenn die Zeichen ♑, ♒, ♌, ♈, ♉ und ♊ culminiren, auf der Westseite aber, wenn die Zeichen ♋, ♌, ♍, ♎, ♏ und ♐ im Meridian stehen. Im erstern Falle ist der größere Theil der halben Ekliptik auf der Ostseite des Meridians, im andern Falle aber auf der Westseite.

§. 159.

Wir haben §. 136. gesehen, daß die Dämmerung anfängt oder aufhört, sobald die Sonne eine Tiefe von 18° unter dem Horizont erreicht hat. Denkt man sich also einen unter den Horizont verlängerten Scheitelkreis, vom Zenith bis zum Orte der Sonne unter dem Horizont, so wird die Dämmerung anfangen oder aufhören, wenn der Bogen dieses Scheitelkreises vom Horizont bis zur Sonne 18° beträgt. Diesen Bogen nennt man den Sehungsbogen (arcus visionis). Je nachdem der Stand der Sonne in der Ekliptik ist, wird sie diesen Punkt eher oder später durch die tägliche Umdrehung erreichen und davon wird dann die Dauer der Dämmerung abhängen. Außerdem muß auch die Polhöhe des Ortes einen großen Einfluß darauf haben, weil sich dadurch die Lage des Horizonts gegen die Ekliptik und den Aequator ändert. Es sei nun Fig. 137. der Punkt **Z** das Zenith eines Orts, **HR** der Horizont, **N** der Nordpol, **AQ** der Aequator, **BD** die Ekliptik und **S** der Ort der Sonne in derselben, die also vermöge der täglichen Umwälzung den Tagekreis **EF** beschreibt. Es sei **HR** die östliche Hälfte des Horizonts, so ist **o** der Aufgangspunkt der Sonne; in **S** steht sie also noch unter dem Horizont und es sei **S** der Punkt, wo die Dämmerung anfängt. Zieht man einen Scheitelkreis nach **S**, so ist **mS** der Sehungsbogen auf demselben, dessen Größe bestimmt werden soll, und zieht man durch **S** einen Declinationskreis **Nt**, so bestimmt dieser

den Punkt des Aequators, über dem die Sonne in S senkrecht steht, und St ist die nördliche Declination der Sonne. Hat man sich die Zeit des Anbruchs der Dämmerung genau gemerkt, so weiß man auch die Zeit, die von da an bis zum Mittage verfließt. Es fange z. B. die Morgendämmerung an um 1 U. 56 M., so verfließen von da bis zum Mittage 10 St. 4 M. In dieser Zeit vollendet also die Sonne den Bogen von S bis E, dessen Größe sich folglich durch die Zeit bestimmen läßt, da man weiß, daß die tägliche Umdrehung in 1 Stunde 15 Grad, und in 1 Minute 15 Minuten zurücklegt, also in 10 St. 4 M. gerade 151°. Dies ist also die Größe des Bogens ES oder auch des Bogens At, weil t der Rectascensionspunkt der Sonne ist. Der Bogen At aber ist das Maß des Winkels ANt und da man also diesen kennt, so weiß man auch seinen Nebenwinkel tNQ = 29°. Kennt man ferner die Declination der Sonne St (sie sei z. B. für die gegebene Zeit = 15°), so weiß man auch den Ergänzungsbogen NS, also = 75° und ist die Polhöhe 52° 30′, so weiß man auch den Ergänzungsbogen NZ = 37° 30′. Man kennt daher im Dreiecke ZNS die Seiten NZ und NS, nebst dem zwischenliegenden Winkel ZNS, dessen trigonometrische Linien aber man unter seinem Nebenwinkel tNQ aufsuchen muß, also wird sich die dritte Seite ZS berechnen lassen. Man verlängere nämlich den Bogen SN auf der hintern Seite der Kugel etwa bis p und fälle nun von Z aus einen senkrechten Bogen Zq auf denselben, so läßt sich erstlich der Abschnitt Nq finden durch die Proportion:

Sin. tot. : Cos. SNZ = Tang. ZN : Tang. Nq.

Die Rechnung gibt Nq = 33° 52′. Addirt man dazu NS = 75°, so bekommt man den Bogen qNS = 108° 52′, dessen Nebenwinkel also 71° 8′ ist.

Nun setzt man wieder auf:

Cos. Nq : Cos. NZ = Cos. qNS : Cos. ZS.

Die Rechnung gibt 72°.

Da aber schon Zm ein Quadrant ist, folglich ZS größer, so sind die gefundenen 72° der Nebenbogen von ZS, oder dessen Ergänzung zu 180°; um also ZS selbst zu haben, muß man 72° von 180° abziehen, so kommen 108°. Davon nun 90° = Zm abgezogen, gibt den Sehungsbogen mS = 18°.

Umgekehrt kann man aus dem Sehungsbogen, der Declination der Sonne und der Polhöhe die Dauer der Dämmerung für jeden Tag des Jahres berechnen. Im Dreiecke ZNS sind dann alle Seiten bekannt, nämlich ZS = 90° + dem Sehungsbogen, NS = der Ergänzung der Declination, NZ = der Ergänzung der Polhöhe. Man sucht also den Winkel ZNS, wodurch der Bogen At und somit die Zeit bestimmt wird, die die Sonne von S aus braucht, um bis zum Meridian in E zu gelangen. Diese Zeit von 12 Uhr abgerechnet, gibt den Anfang der Dämmerung. Weiß man nun die Zeit des Sonnenaufgangs, so ergibt sich daraus die Dauer der Dämmerung. Um in dem Dreiecke ZNS den verlangten Winkel zu finden, denke man sich von N einen senkrechten Bogen Nr auf ZS gezogen, wodurch die rechtwinklichten Dreiecke ZNr und SNr entstehen. In diesen läßt sich Zr und Sr finden; denn da man ZS als die Summe von Zr und Sr kennt, so braucht man nur die Differenz dieser Bogen Sr — Zr zu suchen. Dies geschieht durch die Proportion:

Tang. $\frac{1}{2}$ (Zr + Sr) : Tang. $\frac{1}{2}$ (NS + ZN) = Tang. $\frac{1}{2}$ (SN — ZN) : Tang. $\frac{1}{2}$ (Sr — Zr).

Die Rechnung gibt $\frac{1}{2}$ (Sr — Zr) = 20° 15′. Dies zur halben Summe von Zr + Sr = 54° addirt, gibt den größern Abschnitt Sr = 74° 15′ und davon abgezogen, den kleineren Abschnitt Zr = 33° 45′.

Durch das Perpendikel — Nr wird der Winkel SNZ in zwei andere, ZNr und SNr, getheilt. Jeder von diesen läßt sich nun aus den rechtwinklichten Dreiecken ZNr und SNr berechnen und ihre Summe gibt den ganzen Winkel SNZ. Um ZNr zu finden, hat man die Proportion

Sin. ZN : Sin. Zr = Sin. tot. : Sin. ZNr.

Die Rechnung gibt ZNr = 65° 52′.

Für SNr aber hat man die Proportion:

Sin. NS : Sin. Sr = Sin. tot. : Sin. SNr.

Die Rechnung gibt 85° 8′.

Beider Winkel Summe ist also = 151° = SNZ = dem Bogen tA oder SE. Verwandelt man nun diesen Bogen in Zeit, so geben 150° gerade 10 Stunden und 1° noch 4 Minuten. Also braucht die Sonne, um von S nach E zu kommen, 10 St. 4 Minuten; sie befindet sich also in S um 1 U. 56 M., und wenn die Sonne den 1sten Mai

aufgeht um 4 U. 37 M., so ist die Dauer der Dämmerung = 4 St. 37 M. — 1 St. 56 M. = 2 St. 41 M. Geht die Sonne Abends um 7 U. 24 M. unter, so dauert die Abenddämmerung bis 10 U. 5 M.; welches man findet, wenn man 2 St. 41 M. zu 7 U. 24 M. addirt.

Elfter Abschnitt.

Von der Parallaxe. Höhen- und Horizontalparallaxe. Bestimmung der Entfernung der Weltkörper. Schlüsse aus dem Abstande und der Größe der Sonne auf die Bewegung der Erde um dieselbe. Lehrsätze aus der Physik über bewegende Kräfte. Einwurf gegen die Bewegung der Erde, vom Mangel einer Parallaxe an den Fixsternen hergenommen. Bradley's Untersuchungen. Aberration des Lichts. Nutation der Erdaxe. Übersicht der verschiedenen scheinbaren Bewegungen der Fixsterne. Beobachtungen solcher Ortsveränderungen derselben, die auf eine Bewegung des ganzen Sonnensystems oder auch auf eigene Bewegungen der Fixsterne schließen lassen.

§. 160.

Die Erde befindet sich im strengsten Sinne nicht im wahren Mittelpunkte des uns sichtbaren Weltalls; dies ist nicht nur an und für sich unwahrscheinlich, sondern auch wegen ihrer Bewegung um die Sonne nicht möglich, da sie vermöge derselben ihren Ort bedeutend verändert. Insbesondere muß dies auf nicht zu weit entfernte Weltkörper einen bedeutenden Einfluß haben, und die Erdbewohner müssen die Bewegungen solcher Himmelskörper nicht nur aus einem unrichtigen Gesichtspunkte anschauen, sondern dieser muß sich auch wegen der doppelten Bewegung der Erde in jedem Augenblicke ändern. Es müssen uns daher viele Bewegungen anders erscheinen, als sie wirklich sind, und zwar um desto mehr, je näher uns die Gegend des Weltraums ist, wo sie vor sich gehen. Durch den verschiedenen Standpunkt, aus dem wir die Körper des Weltalls erblicken, entsteht nun eben das, was man die Parallaxe zu nennen pflegt. Diese wird in die tägliche und jährliche unterschieden. Die erstere entsteht dadurch, daß man einen Weltkörper aus dem

Mittelpunkte der Erde an einem andern Orte erblicken muß, als von einem Punkte ihrer Oberfläche aus; sie wird also durch die Größe des Erdhalbmessers und die Entfernung des Weltkörpers bestimmt. Die letztere ist von der Bewegung der Erde um die Sonne abhängig. Denn ein Weltkörper muß offenbar an einem immer andern Orte gesehen werden, je nachdem man ihn von der Erde aus in diesem oder jenem Punkte ihrer Bahn betrachtet. Diese Parallaxe muß am größten sein, wann sich die Erde in zwei entgegengesetzten, um den ganzen Durchmesser der Bahn von einander abstehenden Punkten ihres Umlaufs befindet. Um die tägliche Parallaxe und ihren Einfluß auf den scheinbaren Ort der Gestirne zu erforschen, braucht man nur die Größe der Erde zu kennen; die jährliche aber setzt die Kenntniß der Erdbahn voraus. Von jener wollen wir also zunächst sprechen.

§. 161.

Parallaxe ist überhaupt der Winkel, den die aus zwei verschiedenen Punkten nach einem Gegenstande gezogenen Gesichtslinien mit einander machen. Steht Figur 138. ein Baum in **C**, so sieht man ihn auch von **A** aus bei dem Thurme in **E**, von **B** aus aber bei dem Hause in **D** und der Winkel **ACB**, den die Gesichtslinien **AC** und **BC** mit einander machen, ist die Parallaxe. Es ist offenbar, daß dieser Winkel desto kleiner werden müsse, je weiter der Gegenstand von **A** und **B** entfernt ist. Denn befindet sich derselbe in **G**, so machen die Gesichtslinien **AG** und **BG** den offenbar kleineren Winkel **AGB** mit einander. Darum ist auch der scheinbare Ort des Gegenstandes, aus **A** betrachtet, gar nicht so bedeutend von dem Orte abweichend, wo er von **B** aus gesehen wird. Vorhin erblickte man den Baum **C** aus **A** bei **E** und aus **B** bei **D**; steht aber derselbe in **G**, so sieht man ihn von **A** aus bei **I** und von **B** aus bei **H**. Ist also jetzt das Haus **F** vom Thurme **K** eben so weit entfernt, als es **D** von **E** war, so erblickt man **G** nicht mehr bei beiden, sonden in dem zwischen ihnen befindlichen Raume, und von jedem in einiger Entfernung. Zugleich ergibt sich aus der Figur, daß man den scheinbaren Ort eines Gegenstandes dadurch bestimmt, daß man untersucht, bei was für andern, als feststehend angenommenen Gegen-

ständen derselbe erblickt werde. Am Himmel sind die Fixsterne als solche feststehende Gegenstände zu betrachten, wie wir uns bald noch mehr überzeugen werden; durch sie kann also der scheinbare Ort der nähern Körper bestimmt werden. Der Nutzen, den die Bestimmung der Parallaxe dem Astronomen bringt, besteht darin, daß sie ihm ein Mittel an die Hand gibt, die Entfernung eines Himmelskörpers von der Erde zu erforschen; denn sie steht im umgekehrten Verhältnisse zu diesem Abstande, d. h. dieser ist desto größer, je kleiner sie selbst ist. Zwar kann man auch aus der Größe des Gesichtswinkels, unter dem der Durchmesser eines Gegenstandes von uns gesehen wird, auf seine Entfernung schließen, denn auch dieser ist desto kleiner, je entlegener der Körper ist. Aber dann muß die wirkliche Größe des letztern bekannt sein. Ist die wirkliche Größe nicht bekannt, so kann allein die Parallaxe uns ein Mittel an die Hand geben, die Entfernung zu finden. Ist diese bestimmt, so wird sich aus der scheinbaren Größe die wirkliche bestimmen lassen. Man sieht daraus, wie wichtig die Erforschung der Parallaxe für den Astronomen ist; denn auf ihr beruhet unsere ganze Kenntniß der Entfernungen und Größe der Weltkörper und der eigentlichen Gestalt ihrer Bahnen. Da zur Beobachtung der Parallaxe erfordert wird, daß man einen Weltkörper aus zwei verschiedenen Punkten des Erdkörpers beobachtet, so hat man am bequemsten dazu den Mittelpunkt der Erde und einen Punkt ihrer Oberfläche gefunden. Der erstere Ort ist der beständige, allen Beobachtungen, wo sie auch angestellt werden, gemeinschaftliche Standpunkt. Darum nennt man den Ort, in welchem ein Himmelskörper vom Mittelpunkte der Erde aus gesehen wird, den wirklichen Ort desselben, den aber, in welchem er von irgend einem Punkte der Oberfläche aus beobachtet wird, seinen scheinbaren und der Unterschied zwischen beiden ist die Parallaxe. Befindet sich ein Planet im Zenith, so hat er gar keine Parallaxe, denn die Linien von dem Punkte der Oberfläche und dem Mittelpunkte der Erde nach dem Planeten machen nur eine einzige aus; sobald aber der Planet sich vom Zenith entfernt, so entsteht die Parallaxe und sie muß desto größer werden, je größer der Abstand vom Zenith ist. Im Horizont ist dieser Abstand am größten, daher auch die Parallaxe, und darum ist dann letztere,

die Horizontalparallaxe, eigentlich diejenige, welche von den Astronomen zur Erreichung ihrer Zwecke gebraucht wird. Jede andere Parallaxe nennt man Höhenparallaxe.

§. 162.

In Fig. 139. sei C der Mittelpunkt der Erde, AB ein Theil ihrer Oberfläche, in der Figur ein Quadrant, ZM ein Quadrant der Himmelskugel. Befindet sich nun ein Planet in D, also im Zenith des Ortes A, so wird er von A und von C aus an einerlei Ort des Himmels gesehen, nämlich in Z; steht er aber in G, so sieht man ihn von C aus in I, und von A aus in H; I und H sind also sein wahrer und scheinbarer Ort und der Winkel AGC, welchen die Gesichtslinien AG und CG mit einander machen, die Parallaxe und zwar die Höhenparallaxe, weil sich der Planet nicht im Horizont befindet. Steht aber dieser in F, also im scheinbaren Horizont von A, so ist sein wahrer Ort in K, sein scheinbarer in L und der Winkel AFC ist die Horizontalparallaxe. Diese ist einerlei mit dem Winkel FCM, welcher den Unterschied des scheinbaren und wahren Horizonts oder den Bogen FE bestimmt. Durch die Parallaxe wird die scheinbare Höhe der Himmelskörper verkleinert, und zwar um eben so viel, als der Winkel der Parallaxe beträgt. Denn steht ein Planet in G, so ist, von A aus gesehen, seine Höhe der Bogen HM, von C aus aber ist seine Höhe IM, aber HM ist kleiner, als IM. Daß nun dieser Unterschied so viel betrage, als die Parallaxe, erhellet so: Es ist ZI der wahre Abstand des Sterns G vom Zenith Z und ZH der scheinbare. Bei der unendlichen Entfernung der Fixsterne fällt der Punkt A mit dem Mittelpunkte C zusammen, also ist der Bogen ZH eben sowohl das Maß des Winkels ZAH, als der Bogen ZI das Maß des Winkels ZCI ist. Es ist aber ZAH, als der äußere Winkel des Dreiecks CAG, so groß, als die beiden innern entgegenstehenden ACG und AGC zusammengenommen, also ZAH oder der Bogen ZH gerade um den Winkel AGC, d. h. um die Parallaxe, größer, als der Winkel ACI, der den Bogen ZI, d. h. den Abstand des Sterns vom Zenith, bestimmt. Wird aber dieser Abstand vom Zenith um die Parallaxe kleiner, so wird umgekehrt die Höhe über den Hori-

zont um die Parallaxe größer, und man muß also, um aus der scheinbaren Höhe die wahre zu finden, zu der ersteren noch die Parallaxe addiren.

§. 163.

Die Hauptfrage ist nun, wie die Parallaxe eines Weltkörpers sich bestimmen lasse. Es läßt sich zuvörderst das Verhältniß zwischen Höhen- und Horizontalparallaxe desselben finden. In dem rechtwinklichten Dreiecke **CAF** (Figur 139.) ist der Winkel **AFC** gleich der Horizontalparallaxe. Nun verhält sich in demselben **CF : CA = Sin. tot. : Sin. AFC**, folglich ist **Sin. AFC** $= \frac{\text{CA . Sin. tot.}}{\text{CF}}$ und da man den Sinus totus $= 1$ setzen, und alle übrige Sinus als Brüche der Einheit ansehen kann, so ist **Sin. AFC** $= \frac{\text{CA}}{\text{CF}}$

Nehmen wir nun das Dreieck **CAG**, in welchem, als einem schiefwinklichten, die Seiten sich zu einander verhalten, wie die Sinus der gegenüberstehenden Winkel (§. 15. Nr. 8.), so ergibt sich die Proportion: **CG : AC = Sin. CAG : Sin. AGC**, also **Sin. AGC**, d. h. der Sinus der Höhenparallaxe $= \frac{\text{AC . Sin. CAG}}{\text{CG}}$ Nun ist **CAG** der Nebenwinkel von **ZAG**, folglich der Sinus des Winkels **ZAG** einerlei mit dem Sinus des Winkels **CAG** (§. 15. Nr. 2.), und da der Winkel **ZAG** oder **ZAH** das Complement des Winkels **HAL** ist (§. 15. Nr. 2.), so ist **Sin. ZAG = Cosin. HAL.** Es ist aber **HAL** der Winkel, welcher die Höhe des Weltkörpers über den scheinbaren Horizont **AL** bezeichnet, und da auch **CG = CF** ist, d. h. ohne merklichen Fehler angenommen werden kann, daß der Planet in **F**, also im Horizont, eben so weit vom Mittelpunkte der Erde entfernt ist, als wenn er vermöge der täglichen Umwälzung der Erdkugel einige Stunden später in **G** erscheint, so kann man den für den Sinus der Höhenparallaxe oder **Sin. AGC** gefundenen Ausdruck $\frac{\text{AC . Sin. CAG}}{\text{CG}}$ mit dem Ausdrucke $\frac{\text{AC . Sin. ZAG}}{\text{CF}}$ oder $\frac{\text{AC . Cosin. HAL}}{\text{CF}}$ vertauschen, welchen man auch schreiben

kann: $\frac{AC}{CF}$ · Sin. ZAG oder $\frac{AC}{CF}$ · Cosin. HAL. Nun war aber $\frac{AC}{CF}$ = Sin. AFC, d. h. gleich dem Sinus der Horizontalparallaxe; es ist daher der Sinus der Höhenparallaxe oder Sin. AGC = Sin. AFC . Sin. ZAG oder Sin. AFC . Cosin. HAL, d. h. man findet den Sinus der Höhenparallaxe, wenn man den Sinus der Horizontalparallaxe mit dem Sinus des scheinbaren Abstandes des Weltkörpers vom Zenith oder mit dem Cosinus seiner scheinbaren Höhe multiplicirt. Bezeichnen wir der Kürze wegen Sin. AGC durch **a**, Sin. AFC durch **b**, Sin. ZAG durch **c** und Cosin. HAL durch **d**, so ist **a = bc** oder **a = bd**, also umgekehrt $\frac{a}{c}$ = **b** oder $\frac{a}{d}$ = **b** (§. 11. Nr. 7.), d. h. wenn die Höhenparallaxe bekannt ist, so findet sich der Sinus der Horizontalparallaxe, wenn man den Sinus der Höhenparallaxe durch den Sinus des Abstandes vom Zenith, oder durch den Cosinus der scheinbaren Höhe dividirt, also ist Sin. AFC = $\frac{\text{Sin. AGC}}{\text{Sin. ZAG}}$ = $\frac{\text{Sin. AGC}}{\text{Cosin. HAL}}$ Daraus sieht man, wie sich die Höhenparallaxe durch die Horizontalparallaxe, und umgekehrt diese aus jener bestimmen lasse; wie man aber sowohl die eine, als die andere erfahre, wird sich so ergeben.

§. 164.

Um überhaupt die Parallaxe eines Gestirns zu bestimmen, müssen zwei, so weit als möglich von einander entfernte Beobachter, die sich beide in einerlei Meridian befinden, dasselbe in einem und demselben Augenblicke beobachten, damit es genau an dem nämlichen Orte des Himmels gesehen werde. Am besten ist es, gerade den Culminationspunkt zu wählen. Die Standörter der beiden Beobachter können entweder an verschiedenen Seiten des Aequators oder an einerlei Seite liegen. Wir wollen den ersten Fall betrachten. Es seien Fig. 140. **AB** die Erdaxe, **CD** der Aequator, **G** und **E** zwei Oerter an verschiedenen Seiten desselben und ihre Breiten **GD** und **ED** bekannt; der Halbkreis

ADB drücke den gemeinschaftlichen Meridian beider Oerter aus und in K stehe ein Planet in diesem Meridian; endlich sei Z das Zenith von G und V das von E. Man beobachte nun an beiden Orten den Abstand des Planeten vom Zenith, also in G den Winkel ZGK und in E den Winkel KEV. Da die Winkel KGC und KEC die Nebenwinkel von KGZ und KEV sind, so braucht man diese beiden nur von 180° abzuziehen, um die Winkel KGC und KEC selbst zu finden (§. 12. Nr. 9.). Da man ferner die Breiten beider Oerter, DG und DE kennt, also auch ihre Summe oder den Bogen GD + DE, so weiß man auch den Winkel GCE, dessen Maß eben der Bogen GE ist. In dem Trapezium (§. 12. Nr. 29.) CGKE sind also die drei Winkel KGC, GCE und CEK bekannt, folglich auch der vierte GKE, weil in jedem Vierecke die Summe aller Winkel 4 rechte oder 360° beträgt, also der vierte immer gefunden wird, wenn man die Summe dreier Winkel von 360° abzieht. Dieser Winkel GKE ist aber die Parallaxe, welche durch die von G und E nach dem Planeten gezogenen Gesichtslinien GK und EK entsteht. Sie ist gleich der Summe der beiden Höhenparallaxen GKC und EKC, deren Größe man eigentlich sucht und die sich nun auf folgende Art bestimmen lassen werden. Zu der Höhenparallaxe GKC gehört der gemessene Zenithabstand ZGK und zu EKC der Zenithabstand KEV. Nun haben wir oben gesehen, daß der Sinus der Höhenparallaxe sich findet, wenn man den Sinus der Horizontalparallaxe mit dem Sinus des gefundenen Zenithabstandes oder dem Cosinus der scheinbaren Höhe des Planeten multiplicirt. Wir wollen die noch unbekannte Horizontalparallaxe = x setzen, so ist Sin. GKC = Sin. x . Sin. KGZ und Sin. EKC = Sin. x . Sin. KEV, folglich Sin. GKC + Sin. EKC = Sin. x . Sin. KGZ + Sin. x . Sin. KEV. Da nun aber bei den Weltkörpern die Parallaxen nur klein sind, nur Sekunden, höchstens Minuten, und bloß beim Monde etwa 1 Grad betragen, und da die Sinus so kleiner Bogen von den Bogen selbst nicht mehr unterschieden sind: so kann man statt der Sinus die Bogen selbst setzen, also GKC, EKC und x statt Sin. GKC, Sin. EKC und Sin. x, folglich ist GKC + EKC = x . Sin. KGZ + x . Sin. KEV. Setzt man nun nach §. 11. Nr. 9. den gemeinschaftlichen Faktor x allein und die andern

Faktoren in eine Klammer daneben, so erhält man GKC + EKC = x (Sin. KGZ + Sin. KEV) und da GKC + EKC = GKE ist, welchen Winkel wir oben gefunden haben, so ist GKE = x (Sin. KGZ + Sin. KEV.) Um daher x oder die Horizontalparallaxe zu bestimmen, braucht man nur auf beiden Seiten mit Sin. KGZ + Sin. KEV zu dividiren, so kommt $x = \frac{GKE}{Sin.\ KGZ + Sin.\ KEV}$, woraus sich wieder die Höhenparallaxen GKC und EKC bestimmen lassen werden.

§. 165.

Es möchte allerdings schwer sein, zwei weit entfernte und doch zu Beobachtungen bequem gelegene Oerter zu finden, die genau unter einerlei Meridian liegen; aber dies ist auch nicht nothwendig, weil man den Stand des Planeten im Meridian des einen Ortes auf den Meridian des andern reduciren kann. Dies wollen wir indessen übergehen, so wie auch die Betrachtung des andern Falles, wenn beide Oerter an einerlei Seite des Aequators liegen. Es war uns nur darum zu thun, unsern Lesern überhaupt einen Begriff zu geben, wie es dem Astronomen möglich ist, die Parallaxe eines Weltkörpers zu finden, und dazu wird das Beigebrachte hinlänglich sein. Wir wollen daher mit einem Beispiele beschließen. Das Vorgebirge der guten Hoffnung und Stockholm sind in der Länge nur um 1′ 20″ unterschieden, um so viel liegt nämlich das Kap östlicher. Diese Differenz ist so klein, daß man beide Oerter als unter einerlei Meridian befindlich ansehen kann, indem ein Stern in der Nähe seines Culminationspunktes seine Höhe nur unmerklich ändert. Es beträgt die Polhöhe Stockholms 59° 20′ 31″ und die des Kap 33° 55′ 15″. Daher ist der Winkel GCE = 59° 20′ 31″ + 33° 55′ 15″ = 93° 15′ 46″. Nun wurde Mars am 6. October 1751 Abends 10 U. 30 M. von Wargentin in Stockholm und von de la Caille am Kap bei seinem Durchgange durch den Meridian beobachtet. Der Erstere fand seinen Abstand vom Zenith oder den Winkel KEV = 68° 15′ 15″,9, der Letztere den Zenithabstand oder den Winkel ZGK = 25° 1′ 2″. Daraus ergibt sich der Winkel KEC = 111° 44′ 44″,1 und KGC = 154° 58′ 58″, also KEC + KGC + ECG =

359° 59′ 28″,1, folglich GKE = 360° — 359° 59′ 28″,1 = 31″,9. Dieser Winkel wird durch Sin. KGZ + Sin. KEV dividirt. Es ist aber Sin. KGZ = 0,42288 und Sin. KEV = 0,92884, also beider Summe = 1,35172. Mit dieser Zahl in 31″,9 dividirt, gibt die Horizontalparallaxe des Mars = 23″,6.

§. 166.

Da man durch die Parallaxe die Entfernung der Weltkörper von der Erde findet, so ist in dieser Hinsicht die Horizontalparallaxe der Sonne für uns besonders wichtig; denn gerade die Bestimmung des Abstandes der Sonne von der Erde kann, wie wir in der Folge sehen werden, eine Basis abgeben, worauf wir die nähere Kenntniß des ganzen Systems von Weltkörpern, zu dem wir gehören, zu stützen vermögen. Darum haben denn die Astronomen die größte Sorgfalt angewendet, um diese Parallaxe so genau als möglich zu bestimmen. Diese Sorgfalt war um so nöthiger, da sie äußerst kein ist, ungefähr nur 8 Sekunden beträgt, folglich ein Fehler von nur einer Secunde, ja selbst von einem Theile einer Secunde schon einen bedeutenden Unterschied in der Größe der Entfernung geben muß. Man wandte daher außer den gewöhnlichen Methoden noch andere künstliche, oft sehr kostspielige an, um diese Aufgabe, wo möglich, bis auf ein Zehntel einer Secunde richtig zu lösen. Eine solche Methode war z. B. die Beobachtung des Durchganges der Venus vor der Sonnenscheibe, worüber wir in der Folge das Nöthige sagen werden. Dadurch wurde die Sonnenparallaxe für die damalige Entfernung der Sonne von der Erde zu 8″,8 berichtigt. Wie sich nun aus der Parallaxe eines Weltkörpers seine Entfernung von der Erde finden lasse, das zeigt Fig. 141. Es sei der kleine Halbkreis die Halbkugel der Erde, C ihr Mittelpunkt, CA ihr Halbmesser, der größere Halbkreis die Halbkugel des Himmels in der Entfernung des Mondes oder der Sonne von der Erde, BC der wahre, DA der scheinbare Horizont, so ist der Winkel ADC oder m die Horizontalparallaxe des Mondes oder der Sonne. Ist diese nun bekannt, so weiß man in dem Dreiecke DCA drei Stücke, nämlich den Winkel o, die Seite AC oder den Halbmesser

der Erde und den rechten Winkel DAC. Daraus ergibt sich nach §. 12. Nr. 6. die Proportion:

$$\text{Sin. o} : \text{Sin. tot.} = \text{AC} : \text{DC}$$

$$\text{folglich } \text{DC} = \frac{\text{AC} \cdot \text{Sin. tot.}}{\text{Sin. o}}$$

Es ist aber DC die Entfernung des Mondes oder der Sonne vom Mittelpunkte der Erde; diese wird also in eben dem Maße gefunden, in welchem der Halbmesser der Erde AC ausgedrückt ist, z. B. in Meilen. Die Astronomen pflegen gewöhnlich den Halbmesser der Erde = 1 zu setzen und so die Entfernungen der Weltkörper durch Mengen dieser Einheit auszudrücken. Durch obige Rechnung findet sich so, daß der Abstand der Sonne von der Erde 23708 Erdhalbmesser betrage. Will man daraus diese Entfernung in Meilen bestimmen, so braucht man diese Zahl nur mit $859\frac{1}{2}$, welches die Größe von AC in Meilen angibt, zu multipliciren.

§. 167.

Wir haben §. 99. das Kopernikanische System, nach welchem sich nicht die Sonne um die Erde, sondern diese um jene bewegt, als das wahrscheinlich richtige angenommen. Jetzt werden wir schon im Stande sein, diese Annahme noch mehr zu begründen, da wir ein Mittel gefunden haben, die Entfernung der Sonne von der Erde zu berechnen. Ein Abstand von mehr als 23000 Erdhalbmessern oder mehr als 19 Mill. Meilen ist gewiß eine sehr bedeutende Entfernung. Dennoch erscheint uns die Sonne von einer so beträchtlichen Größe, daß ihr scheinbarer Durchmesser über einen halben Grad beträgt. Wäre die Erde von uns so weit entfernt, als die Sonne, so würden wir sie nur äußerst klein erblicken. Befänden wir uns z. B. Fig. 141. in D, so sähen wir den Mittelpunkt der Erde in der Linie DC, einen Punkt A ihrer Oberfläche in DA, also den Halbmesser der Erde unter dem Winkel ADC, d. h. unter dem Winkel der Horizontalparallaxe der Sonne, also unter 8″,8, folglich ihren Durchmesser unter 17″,6. Der Sonnendurchmesser wird daher über 100 mal größer gesehen, als der Erddurchmesser, er muß also auch wirklich so vielmal größer sein, und ist nun die Sonne eine ähnliche Kugel, wie die Erde, so ergibt sich daraus durch Rechnung,

daß sie an körperlichem Inhalt über 1 Million mal größer sein muß, als die Erde, daß also diese sich zu ihr verhalten wird, wie eine kleine Erbse zu einer Kugel von 1 Fuß im Halbmesser. Schon aus diesem Größenverhältnisse werden wir folgern müssen, daß die Sonne sich nicht um die Erde, sondern nur diese um jene bewegen könne. Eine kurze Betrachtung über die im Weltall herrschenden Kräfte, von denen wir erst später genauer handeln können, wird uns davon überzeugen. In der ganzen Natur geschieht nichts ohne hinreichende Ursache. Dieser Satz hängt so mit der Einrichtung unsers Denkvermögens zusammen, daß wir uns schlechterdings keine Wirkung ohne Ursache denken können und jedesmal nach der letztern fragen, wenn wir die erstere wahrnehmen. Die Bewegung eines Körpers ist keine ihm eigenthümliche Eigenschaft, wie etwa Härte, Elasticität u. dgl.; sie kann nicht erfolgen, wenn nicht eine äußere, oder auch eine im Innern des Körpers selbst befindliche, Ursache sie hervorbringt. Eine solche Ursache nennen wir eine Kraft und setzen daher in der Naturlehre als Grundsatz fest, daß jeder Körper in dem Zustande (Ruhe oder Bewegung), worin er sich befindet, so lange gleichförmig bleiben müsse, bis irgend eine Kraft ihn nöthigt, denselben zu verlassen. Ist also der Körper in Ruhe, so wird er, ohne eine solche Kraft, auch ewig in Ruhe bleiben; eben so wird er seine Bewegung, wenn er einmal darin ist, ewig fortsetzen müssen, wenn keine neue Kraft auf ihn zu wirken und die Bewegung zu hemmen anfängt. Dieses wichtige Gesetz nennen die Physiker das Gesetz der Trägheit, oder besser der Beharrung, und Erläuterungen desselben haben wir schon §. 63. gegeben. Bewegt sich nun ein Weltkörper um den andern, z. B. die Erde um die Sonne, oder die Sonne um die Erde, so müssen wir nothwendig eine Kraft voraussetzen, welche diese Bewegung bewirkt und zwar eine Kraft, die der Größe der Bewegung angemessen ist. Diese Größe der Bewegung hängt ab von der Masse oder dem Gewichte und von der Geschwindigkeit des bewegten Körpers. Um z. B. einen Körper, der 1 Centner an Gewicht hat, in Bewegung zu setzen, ist offenbar eine 110 mal größere Kraft nöthig, als wenn sein Gewicht nur 1 Pfund beträgt, und soll ein Körper doppelt, oder drei mal so geschwind, als ein anderer,

der dieselbe Masse hat, sich bewegen, so braucht man ebenfalls dazu eine doppelt oder drei mal so große Kraft. Die Größe der Bewegung ist daher ein Produkt aus der Masse in die Geschwindigkeit. Die Kraft, die einen Körper von 6 Pfund in 1 Secunde durch 100 Fuß treiben soll, muß sich zu der, die einen Körper von 10 Pfund durch 200 Fuß in 1 Secunde treiben soll, verhalten, wie 6 . 100 zu 10 . 200, wie 600 zu 2000, oder wie 3 zu 10. Setzen wir also, daß die Sonne sich bewegt, so muß die Kraft, welche dieser Bewegung zum Grunde liegt, der Masse der Sonne und ihrer Geschwindigkeit proportional sein; das Nämliche findet Statt, wenn wir die Erde als bewegt annehmen, und da in diesen beiden Fällen die Geschwindigkeit einerlei ist, weil die Sonne, wenn sie sich um die Erde bewegt, den nämlichen Weg in derselben Zeit zurücklegt, den die Erde bei der Bewegung um die Sonne durchläuft, so müssen die bewegenden Kräfte der Massen beider Weltkörper proportional sein. Wir werden aber in der Folge finden, daß die Masse der Sonne über 300000 mal größer ist, als die Masse der Erde, so viel mal wird also auch die Kraft, welche die Sonne in Bewegung setzt, diejenige übertreffen, welche die Erde um die Sonne herumtreibt.

§. 168.

Die Bewegung sowohl der Erde, als der Sonne, ist eine krummlinichte. Eine solche kann aber nicht durch eine einfache, sondern nur durch eine zusammengesetzte Kraft bewirkt werden. Es ist offenbar, daß eine einfache Kraft den Körper nur nach der Richtung treiben kann, die sie selbst hat, folglich nur nach einerlei Richtung. Behält aber der Weg des Körpers immer dieselbe Richtung, so ist dieser Weg eine gerade Linie. Die Weltkörper würden also, von einfachen Kräften getrieben, nur in geraden Linien sich bewegen, niemals also einer um den andern herumlaufen können. Es müssen also wenigstens zwei Kräfte auf dieselben wirken, deren jede, wenn sie allein wäre, den Körper nach einer besondern Richtung forttreiben würde, so daß die wirkliche Bewegung des Körpers von jeder der einzelnen Richtungen verschieden und doch das Resultat des Zusammenwirkens beider Kräfte sein muß. Nun lehrt die Physik, daß, wenn zwei Kräfte auf einen Körper wirken, die weder einer-

lei, noch entgegengesetzte Richtung haben, sondern deren Richtungen vielmehr zusammen einen Winkel einschließen, der Weg des Körpers gefunden werde, wenn man die Kräfte durch Linien ausdrückt, welche ihre Richtung angeben und durch ihre Länge der Größe derselben angemessen sind, dann aus diesen Linien ein Parallelogramm macht und die Diagonale desselben zieht. Diese ist dann der Weg des Körpers. Es werde z. B. ein Körper von einer Kraft **P** = 7 Pfund und von einer Kraft **Q** = 8 Pfund getrieben, so daß die Richtungen beider Kräfte einen Winkel von 47° einschließen. Da sich die Kräfte wie 7 zu 8 verhalten, so drücke man **P** durch eine beliebige Linie **AB** (Fig. 142.), **Q** aber durch eine Linie **AD** aus, die 8 solcher Theile hat, wie **AB** deren 7 enthält und setze beide Linien unter einem Winkel von 47° an einander. Macht man nun aus **AB** und **AD** ein Parallelogramm und zieht die Diagonale **AC** von dem Punkte **A** aus, auf welchen die Kräfte gemeinschaftlich wirken, so ist **AC** der Weg des Körpers. Daß nämlich der Körper nach **C** kommen muß, erhellet, wenn man die Kräfte einzeln nach einander, jede nach ihrer Richtung, wirken läßt. Wirkt also erstlich die Kraft **P**, so treibt sie den Körper in einer gewissen Zeit, z. B. in 1 Secunde, von **A** nach **B**. Fängt nun die Kraft **Q** in dem Augenblicke an zu wirken, wo der Körper in **B** angelangt ist, so treibt sie ihn in 1 Secunde von **B** nach **C** und er bewegt sich in der Linie **BC**, welche mit **AD** parallel ist, d. h. mit der Linie, welche den Weg des Körpers ausdrückt, wenn er von **A** aus allein durch die Kraft **Q** fortgetrieben worden wäre, und **AD** mit **AB** den verlangten Winkel **BAD** = 47° macht, so muß auch **BC**, weil sie parallel mit **AD** ist, eben den Winkel mit **AB** machen, nämlich den Winkel **EBC**, der als gleichliegender Winkel = **BAD** ist. Also wenn die Kräfte einzeln nach einander wirken, kommt der Körper nach **C**, folglich muß er auch nach **C** kommen, wenn beide zusammenwirken, also muß der Weg des Körpers die Diagonale **AC** des Parallelogramms **ABCD** sein. Wenn daher die Kräfte **AB** und **AD** zusammen auf den Körper wirken, so ist das so gut, als ob eine einfache Kraft den Körper bewegt hätte, die gerade stark genug gewesen wäre, ihn von **A** bis **C** in 1 Secunde zu treiben, wenn **P** ihn in dieser Zeit nach **B** und **Q** nach **D** getrieben hätte. So wie also zwei Kräfte

sich in Beziehung auf ihre Wirkung als eine einzige Kraft betrachten lassen, so kann man auch umgekehrt jede einfache Kraft als eine Zusammenziehung aus zwei Kräften ansehen, welches in der Physik die Zerlegung der Kräfte genannt wird. Weiß ich z. B., daß eine gewisse Kraft den Körper in 1 Sekunde von A nach C treibt, so kann ich mir diese als aus 2 Kräften AB und AD zusammengesetzt vorstellen, die zugleich auf den Körper wirken und von denen die eine in 1 Sekunde ihn nach B, die andere aber nach D treiben will. Ein Beispiel dieser Zerlegung haben wir schon §. 102. angeführt, wo wir zeigten, wie die Größe des schiefen Stoßes gegen eine Fläche auszumitteln sei.

§. 169.

Wir haben die Wirkung der Kräfte auf einen Körper bisher mehr als einen Stoß angesehen, der nur augenblicklich wirkt und dann aufhört. Aber es läßt sich auch denken, daß eine Kraft immerwährend oder stetig auf den Körper wirkt, ihm in jedem Augenblicke gleichsam einen neuen Stoß mittheilt. In diesem Falle muß die Bewegung nothwendig eine beschleunigte werden, d. h. die Geschwindigkeit des Körpers muß immerfort zunehmen. Geschieht dieses Wachsen gleichförmig, d. h. in jedem Augenblicke um gleichviel, so heißt die Bewegung eine gleichförmig beschleunigte, und für diese wird in der Physik das Gesetz erwiesen, daß die Räume, welche der Körper in jeder Zeitsekunde zurücklegt, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 u. s. w. zunehmen. Gesetzt, der Körper bewegt sich in der ersten Sekunde durch 1 mal 10 Fuß, so wird er, vermöge des stetigen Anwachsens seiner Geschwindigkeit, in der zweiten Sekunde sich durch 3 mal 10, in der dritten durch 5 mal 10, in der vierten durch 7 mal 10, in der fünften durch 9 mal 10 Fuß u. s. w. bewegen, also in den genannten Sekunden die Räume 10, 30, 50, 70, 90 Fuß u. s. w. durchlaufen. Berechnet man nun daraus den Raum, den der Körper vom Anfange der Bewegung bis zum Ende der 1sten, 2ten, 3ten, 4ten, 5ten, 6ten Sekunde u. s. w. vollendet, so ergibt sich, daß er zurücklegt:

in der 1sten Sek. d. Raum . . . . . 1 . 10′ = 10,
in den 2 ersten Sek. d. Raum . . . . . 1 . 10 + 3 . 10 = 4 . 10′ = 40′
— — 3 — — — — . . . . . 1 . 10 + 3 . 10 + 5 . 10 = 9 . 10′ = 90′
— — 4 — — — — . . . . . 1 . 10 + 3 . 10 + 5 . 10 + 7 . 10 = 16 . 10′ = 160′
— — 5 — — — — . . . . 1 . 10 + 3 . 10 + 5 . 10 + 7 . 10 + 9 . 10 = 25 . 10′ = 250′
— — 6 — — — — 1 . 10 + 3 . 10 + 5 . 10 + 7 . 10 + 9 . 10 + 11 . 10 = 36 . 10′ = 360′

u. s. w.

Die Räume also, die der Körper vom Anfange an in 1, 2, 3, 4, 5, 6 u. s. w. Sekunden zurücklegt, verhalten sich zu einander, wie die Zahlen 1, 4, 9, 16, 25, 36 u. s. w., und da diese Zahlen offenbar die Quadrate der Zeitsekunden sind, welche der Körper zu seiner Bewegung gebraucht, so erhellet daraus das allgemeine Gesetz, daß die Räume, welche der Körper vom Anfange an durchläuft, sich wie die Quadrate der zur Bewegung gebrauchten Zeiten verhalten müssen. Will man daher für irgend eine gegebene Zahl von Sekunden den Raum wissen, den der Körper mit beschleunigter Bewegung in dieser Zeit durchlaufen hat, so braucht man nur von der gegebenen Anzahl der Sekunden das Quadrat zu machen und dieses dann mit dem Raume, den der Körper in der ersten Sekunde (im vorigen Beispiele 10 Fuß) zu multipliciren. Z. B. ein Körper bewegt sich mit beschleunigter Geschwindigkeit, und legt in der ersten Sekunde 20 Fuß zurück, wie viel Raum wird er in den ersten 100 Sekunden durchlaufen? Antwort: Das Quadrat von 100 ist = 10,000, dieses mit 20′ multiplicirt, gibt 200000′ und dies ist der Raum, welchen der Körper wirklich in der angegebenen Zeit durchlaufen muß.

§. 170.

Hieraus sieht man, daß das §. 71. erörterte Gesetz der Schwere in dem allgemeinen Gesetze für jede gleichförmig beschleunigte Bewegung enthalten ist. Die Schwere nämlich ist gerade eine solche Kraft, welche stetig auf einen Körper wirkt und ihn so beschleunigend nach dem Mittel- oder Schwerpunkte der Erde (§. 26. und 71.) zutreibt. Alle außerhalb der Erde befindliche Körper werden also, sobald sie nicht unterstützt sind, durch dieselbe genöthigt, nach dem Schwerpunkte der Erde zu fallen. Newtons Scharfsinn zeigte nun, daß diese Art von Anziehungskraft nicht bloß der Erde eigen sei, sondern jedem Weltkörper im Universum, so weit wir dasselbe kennen, zukomme. Jeder hat einen Schwerpunkt seiner Masse, in welchem man die gesammte Anziehungskraft desselben concentrirt sich vorstellen kann; jeder hat also auch ein Streben, die außer ihm befindlichen materiellen Theile an sich zu ziehen, d. h. sie zu nöthigen, seinem Schwerpunkte so lange sich zu nähern, bis sie auf andere schon vorhandene Materien stoßen, welche die weitere

Bewegung hindern. Die Stärke dieser Kraft muß nothwendig der ganzen Masse des Weltkörpers proportionirt sein; denn sie ist ja eben die Summe aller einzelnen Anziehungskräfte der materiellen Theile, die den Körper ausmachen. Auch wird diese Kraft nicht bloß in kleinen Entfernungen von dem anziehenden Körper wirken, sondern in jeder möglichen, nur daß die Kraft desto schwächer wird, je größer die Entfernung ist. Denken wir uns also jetzt im Weltraume die beiden Körper Sonne und Erde, und jeden mit der erwähnten Anziehungskraft begabt. Vermöge dieser Kraft wird jeder den andern anziehen und zu bewirken suchen, daß er sich nach seinem Schwerpunkte zu bewege. Aber die Sonne hat eine über 300,000 mal größere Kraft als die Erde: ist es da nun wohl möglich, daß die Sonne nach der Erde zufallen wird? muß nicht vielmehr umgekehrt die weit stärkere Kraft der Sonne die der Erde überwinden und bewirken, daß diese nach der Sonne zu sich bewegt? Wenn der Stein in der Luft schwebt, so hat er auch eine Anziehungskraft gegen die Erde, so wie diese gegen ihn: wird es aber wohl Jemanden einfallen zu behaupten, die Erde bewege sich gegen den Stein? Muß nicht vielmehr ihre weit größere Kraft diesen aus der Höhe zu sich herabziehen? Also ohne allen Zweifel müßte die Erde in gerader Linie nach der Sonne hin fallen. Aber sie fällt nicht, und muß also nothwendig von einer andern entgegenwirkenden Kraft verhindert werden, dem mächtigen Zuge der Sonne zu folgen.

§. 171.

Jetzt kommen wir auf das, was in der Physik unter dem Titel: Lehre von den Centralkräften abgehandelt wird. Man versteht nämlich unter Centralkräfte zwei Kräfte, von denen die eine stetig fortwirkende den Körper immer nach einem und demselben Punkte hinzuziehen strebt, die andere aber nur im ersten Augenblicke so auf ihn wirkt, daß sie ihn nach einer andern Richtung fortzutreiben sucht. Die erste Kraft nennt man die Centripetalkraft, d. h. die nach dem Mittelpunkte hinziehende Kraft, die zweite heißt die Centrifugalkraft, d. h. die vom Mittelpunkte abziehende Kraft. Das Resultat der Wirkungen beider Kräfte wird sich also auf eben die Art finden lassen, wie wir oben aus der Wirkung zusammengesetzter Kräfte den

Weg des Körpers gefunden haben. Zuvörderst suche man das Verhältniß der Centripetalkraft zur Centrifugalkraft zu bestimmen, welches geschehen kann, wenn man weiß, wie weit jede der beiden Kräfte für sich allein den Körper in einer Sekunde forttreiben würde. Dieses Verhältniß drücke man nun durch Linien aus und mache daraus ein Parallelogramm, so ist dessen Diagonale der Weg des Körpers. Hierbei ist aber zu bemerken: Da die Centripetalkraft als stetige Kraft in jedem Augenblicke wirkt, so wird man die Zeittheilchen, in denen die beiden Kräfte den Körper forttreiben, so wie den Weg, den derselbe in einem solchen Zeittheilchen zurücklegt, äußerst klein annehmen müssen, wenn man einigermaßen ein richtiges Resultat erhalten will.

Es sei nun Figur 143. in **C** ein Körper, der einen andern in **A** stetig anzieht, also in **C** der Sitz der Centripetalkraft. Zugleich werde der Körper in **A** von einer andern Kraft nach der Richtung **AB** fortgestoßen; dies ist also die Centrifugalkraft, welche ihn von dem Punkte **C** zu entfernen sucht. Sie braucht nur einmal, nämlich beim Anfange der Bewegung auf den Körper zu wirken. Ist nun das Verhältniß beider Kräfte so, daß, während die Centripetalkraft den Körper durch den Raum **AK** treibt, die Centrifugalkraft ihn durch den Raum **AB** zu bewegen sucht, so ist **ABDK** das Parallelogramm der Kräfte und die Diagonale **AD** der Weg des Körpers, den er in eben der Zeit, z. B. in 1 Sekunde zurücklegt, in welcher ihn die Centripetalkraft durch **AK** und die Centrifugalkraft durch **AB** getrieben hätte. Ist der Körper in **D** angekommen, so will er vermöge der Trägheit in der Richtung **AD** nach **E** hin fortgehen und wieder in 1 Sekunde einen eben so großen Weg **DE = AD** zurücklegen. Aber in **D** wirkt die Centripetalkraft von neuem auf ihn und will ihn zu gleicher Zeit durch den Raum **DL** treiben. Dieser Raum wird etwas größer sein als **AK**, wenn der Körper in **D** dem Punkte **C** näher ist als in **A**, er wird eben so groß sein, wenn **CD = CA** ist, er wird kleiner sein, wenn **CD** größer als **CA** ist, der Körper in **D** also weiter von **C** absteht, als in **A**. Es entsteht also wieder ein Parallelogramm der Kräfte **DEFL** und dessen Diagonale **DF** ist der Weg des Körpers. So geht es nun weiter fort. Vermöge der Trägheit will der Körper in gerader Linie nach **G** fortgehen, so daß **FG = DF** ist, aber die

Centripetalkraft treibt ihn nach **M**, und der wirkliche Weg des Körpers ist **FH**. Setzt man so die Zeichnung weiter fort, so wird sich finden, daß die Wirkung beider Kräfte endlich den Körper **A** um **C** herumführen wird. Denkt man sich ferner, wie wir oben forderten, die Linien **AB** und **AK** äußerst klein, so wird auch **AD** äußerst klein, also auch **DE** und **DL**, desgleichen **DF** und so alle übrigen Linien, welche die bewegenden Kräfte ausdrücken. Ist aber dieses, so werden die Richtungen des Körpers in **A**, **D**, **F** u. s. w. so wenig von einander abweichen, daß die Linien **AD**, **DF**, **FH** nicht mehr unter bestimmten Winkeln gegen einander geneigt sein, sondern eine einzige zusammenhängende krumme Linie bilden werden. In einer solchen krummen Linie wird sich also der Körper **A** um **C** bewegen. Von welcher Art aber die Krümmung sei; ob Kreis, Ellipse oder eine andere krumme Linie, das hängt von dem Verhältnisse der bewegenden Kräfte zu einander ab.

§. 172.

Wenden wir nun dieses auf die Bewegung der Sonne oder der Erde an, so ist in beiden Fällen klar, daß, da diese Bewegung in einer krummen Linie geschieht, dieselbe auch als eine Wirkung von Centralkräften angesehen werden müsse. In dem Körper, um welchen die Bewegung geschieht, ist nothwendig der Sitz der Centripetalkraft. Bewegt sich also die Sonne um die Erde, so ist es diese, welche das Vermögen besitzt, die Sonne um sich herum zu führen, aber bei dem bestehenden Verhältnisse der gegenseitigen Massen ist dies nach physischen Gesetzen unmöglich. Es würde allem gesunden Verstande widersprechen, wenn man annehmen wollte, die kleinere Masse habe die überwiegende Anziehungskraft gegen die größere. Wenn ein Kind und eine erwachsene Person sich anfassen, und jeder von beiden alle seine Kräfte anstrengt, den andern um sich herum zu drehen, wäre es da nicht höchst ungereimt, zu behaupten, das Kind nöthige den Erwachsenen, sich um dasselbe herum zu bewegen, während es selbst unverrückt an seiner Stelle bliebe? Eben so und noch in weit höherem Grade ungereimt ist es, zu behaupten, die Erde vermöge die über 300000 mal stärkere Sonne um sich herum zu führen. Es bleibt uns also nichts übrig, als das Umgekehrte anzunehmen

und die Erde um die Sonne sich bewegen zu lassen. Das Bild von dem Anfassen zweier Personen, die sich um einander herum zu drehen streben, drückt die Verbindung zwischen Sonne und Erde richtig aus. So wie jede von diesen auf die andere wirkt, so wirkt auch die Erde auf die Sonne und die Sonne auf die Erde, und jede bemüht sich, die andere um sich herum zu bewegen. Es macht also die Erde einen Umlauf um die Sonne, aber auch die Sonne um die Erde, d. h. die wahre Bewegung beider Weltkörper geschieht um einen zwischen ihnen liegenden Punkt, den man den gemeinschaftlichen Schwerpunkt nennt. Dies erhellet aus den Gesetzen des Hebels. An einer unbiegsamen Linie **AB** (einer Eisenstange z. B.) sind Fig. 144. in **A** und **B** vermittelst Schnüre die Gewichte **P** und **Q** angebracht, und zwischen **A** und **B** befindet sich irgendwo in **C** ein Punkt, auf dem die Linie ruhet, so daß sich dieselbe auf und nieder und seitwärts um **C** drehen, bald in die Lage **DE**, bald in die Lage **FG** kommen kann. Sind die Gewichte **P** und **Q** einander gleich, so ist offenbar, daß der Punkt **C**, welcher der Ruhepunkt genannt wird, genau in der Mitte liegen muß, wenn die Gewichte den Hebel nicht drehen sollen. Ist aber das eine Gewicht, z. B. **Q** größer als das andere, so muß der Punkt **C** näher nach dem Gewichte **Q** hin liegen, etwa in **H**, wenn Gleichgewicht sein soll. Die Mechanik zeigt, daß jedesmal Gleichgewicht stattfinde, wenn die Gewichte sich umgekehrt, wie ihre Entfernungen vom Ruhepunkte verhalten, wenn also das größere Gewicht dem Ruhepunkte so viel mal näher ist, als es das kleinere an Größe übertrifft. Der Punkt **C** oder **H**, wo man den Hebel unterstützen muß, wenn Gleichgewicht sein soll, ist nun der gemeinschaftliche Schwerpunkt beider Gewichte. Ein solcher Schwerpunkt ist in jedem Körper. Ist derselbe unterstützt, so sind alle Theile des Körpers gegen einander im Gleichgewicht, und er kann nicht fallen. Verbindet man zwei Körper mit einander, so sind beide als einer anzusehen und man kann eben so ihren gemeinschaftlichen Schwerpunkt finden, wie man ihn von einem einzigen findet. Haben beide Körper gleiche Massen, so liegt er gerade in der Mitte zwischen beidenz haben sie ungleiche Massen, so liegt er der größern Masse näher. Man denke sich Fig. 145. die beiden gleichen Massen **A** und **B** durch eine unbiegsame Stange

verbunden; man unterstütze die Stange in einem Punkte **C**, so daß die Massen **A** und **B** mit einander in Gleichgewicht sind, so muß **C** in der Mitte zwischen **A** und **B** liegen. Setzen wir nun durch einen Stoß die Körper **A** und **B** in Bewegung, so muß, während **B** nach **K** zu geht, **A** nach **L** hin sich bewegen und die Stange in die Lage **LK** kommen, also die vorige Lage in dem Punkte **C** schneiden. Es wird also **C** ein Mittelpunkt, um den sich der Körper **B** in dem Kreise **BKALB** und der Körper **A** in dem Kreise **ALBKA** bewegen wird, also beide in gleich großen Kreisen, weil die Halbmesser **CA** und **CB** einander gleich sind. Ist aber Fig. 146. die Masse des Körpers **B** größer als die von **A**, so muß beim Gleichgewichte der Punkt **C** näher nach **B** zu liegen, als nach **A**. Geschieht nun eine Drehung, so bewegt sich **B** in dem Kreise **BDEF**, während **A** in dem größern Kreise **AGHI** seinen Umlauf vollendet. Ist **B** in **D**, so ist **A** in **G** und die Linie **AB** hat die Lage **GD**; ist **B** in **E**, so ist **A** in **H** und **AB** hat die Lage **HE**; ist **B** in **F**, so ist **A** in **I** und **AB** hat die Lage **IF**. Jetzt sieht man offenbar, daß die Bewegung des Körpers **A** um **C** auch zugleich eine Bewegung um den Körper **B** ist, weil der Kreis, den **A** beschreibt, den des **B** einschließt. Dieses Einschließen muß allemal erfolgen, sobald **C** nicht genau in der Mitte liegt, also sobald die Massen ungleich sind, und der Kreis von **B** wird desto kleiner werden, je näher **B** an **C** fallen muß, also je mehr die Masse von **B** die Masse von **A** übertrifft. Gerade so können wir uns nun auch das Verhältniß zwischen Sonne und Erde denken. Beide ziehen einander an, halten sich gleichsam mit unsichtbaren Banden umschlungen, aber die Kraft der Sonne ist über 300,000 mal stärker als die Kraft der Erde. Die Sonne setzt die Erde, die Erde die Sonne in Bewegung, und jede beschreibt um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt einen Kreis, aber dieser Punkt liegt dem Mittelpunkt der Sonne 300,000 mal näher als der Erde, er kann also nur $\frac{2000000}{300000}$ oder etwa 60 Meilen von demselben entfernt sein, fällt daher in die Masse des Sonnenkörpers selbst, und die ganze Bewegung der Sonne, wenn bloß die Erde und kein anderer Weltkörper auf sie wirkt, ist ein Drehen ihrer eigenen Masse um diesen Punkt, das sie in eben der Zeit vollendet, in der die Erde um eben diesen Schwerpunkt herumläuft. So folgt denn

also die Bewegung der Erde um die Sonne nothwendig aus den ewigen, überall gültigen Gesetzen der Natur, und nur ein Wunder, das hier aber ohne allen Zweck wäre, könnte das Gegentheil bewirken.

§. 173.

Die Bewegung der Erde um die Sonne ist aber auch schon eine nothwendige Folge ihrer Rotation, von deren Wirklichkeit uns die unumstößlichsten Gründe überzeugt haben. Wenn ein Körper durch einen äußern Stoß in Bewegung gesetzt wird, so kann die Richtung dieses Stoßes entweder durch seinen Schwerpunkt gehen oder nicht. Geschieht das erstere, so erhält der Körper eine fortschreitende Bewegung ohne Rotation, weil der Schwerpunkt, um den die Masse des Körpers überall gleichförmig vertheilt ist, unmittelbar in Bewegung gesetzt wird, also alle übrige Theile des Körpers in paralleler Richtung ihm folgen müssen, nirgends das Gleichgewicht derselben aufgehoben wird. Geht aber die Richtung des Stoßes durch einen andern Punkt des Körpers, so empfängt dieser den Hauptstoß, die Kraft wirkt auf denselben mit ihrer ganzen Stärke, auf den Schwerpunkt aber nur zum Theil und auf die entgegengesetzt vom Schwerpunkt liegende Masse noch schwächer. Das Gleichgewicht ist also aufgehoben, der Theil des Körpers, wo der Stoß geschieht, wird sich stärker, der Schwerpunkt entweder gar nicht oder weniger vorwärts, die Masse an der entgegengesetzten Seite sogar rückwärts bewegen. So entsteht denn die Drehung. Ist der Schwerpunkt des Körpers so unterstützt, daß derselbe seinen Ort nicht verändern, der Körper aber sich frei um denselben bewegen kann, so erfolgt eine Axendrehung desselben ohne fortschreitende Bewegung; fehlt aber diese Unterstützung, so muß die rotirende Bewegung auch mit einer fortschreitenden verbunden sein. Dies ist der Fall bei der Erde. Ihre Rotation ist erwiesen; sie schwebt frei im Weltraume; der nämliche Stoß also, der die Umwälzung bewirkt, mußte auch die fortschreitende Bewegung zur Folge haben, und somit ist denn die Nothwendigkeit ihrer Bewegung um die Sonne auch durch ihre Rotation erwiesen; denn ihr Umlauf ist nun für alle Ewigkeiten nichts anders als die Folge jenes ersten Stoßes und der Anziehungskraft der Sonne.

Die Erde bewegt sich also um die Sonne als Folge ewiger Naturgesetze; sie bewegt sich aber auch um dieselbe als einer der dunkeln Körper, die von ihr Licht und Wärme erhalten. Als diese Urquelle aller belebenden Kräfte muß die Sonne nothwendig in der Mitte aller der Körper stehen, denen sie ihre Wohlthaten austheilt; denn nur aus dem Mittelpunkte ist eine gleichförmige Vertheilung derselben möglich. Wie könnte sie aber diese Mitte behaupten, wenn sie um einen dieser Körper herumliefe? Und warum sollte einer und noch dazu einer der kleinsten diesen Vorzug genießen, während alle übrigen dieselben, ja, vermöge ihrer größern Massen, noch gegründetere Ansprüche darauf hätten? Wären wir auf der Venus, dem Jupiter oder irgend einem andern Planeten, so würden wir nicht minder glauben, daß unser Planet still stände und die Sonne sich um ihn herumbewegte. Warum sollte das also auf jedem andern Planeten Täuschung sein, und auf der Erde allein nur Wahrheit? So stoßen wir auf eine Menge Ungereimtheiten, wenn wir den ewigen Naturgesetzen zum Trotze eine Sinnentäuschung für die Wirklichkeit nehmen wollten. Es gibt ferner unter den Gesetzen für die bewegenden Kräfte des Weltalls eins, wodurch das Verhältniß zwischen der Entfernung eines Planeten von der Sonne und seiner Umlaufszeit bestimmt wird, so daß man eins dieser beiden Stücke aus dem andern berechnen kann. Dieses trifft bei allen andern Planeten zu, und berechnet man nun aus der bekannten Entfernung der Erde ihre Umlaufszeit, so findet sich genau die Größe eines Jahres. Es trifft also auch für die Erde zu, sobald man setzt, daß sie gleich den andern Planeten sich um die Sonne bewege. Dennoch soll sie sich nicht um die Sonne bewegen, sondern diese Bewegung soll auf die Sonne überspringen, um die doch alle andere Planeten herumlaufen, und die gefundene Umlaufszeit soll nicht für sie, sondern für die Sonne gelten, während sie doch bei allen andern Planeten für diese gilt? Es findet also dies Gesetz seine Anwendung für die Planeten zwischen der Erde und Sonne, es findet sie für die Planeten, die sich jenseits der Erde um die Sonne drehen, und nur bei ihr, die sich mitten unter ihnen befindet, die in denselben Beziehungen, wie sie zur Sonne steht, die noch dazu einer der kleinern Planeten ist und von drei andern bei weitem an Masse und Größe übertroffen wird, soll

ohne allen Grund eine Ausnahme stattfinden? Es soll jenes Naturgesetz ein allgemeines und doch zugleich auch nicht allgemein sein? Welcher Verstand kann dies begreiflich finden? — Es ist endlich die anziehende Kraft der Sonne, welche die nahen, wie die entferntesten Planeten in ihren Bahnen um sich herum führt; die Erde liegt mitten in dem Wirkungskreise dieser Kraft, und doch soll dieselbe auf sie nicht wirken, sie allein soll als Ausnahme gegen die gewaltigste aller Naturkräfte ankämpfen und den Sieg in dem Grade davon tragen, daß sie mit ihrer schwachen Kraft selbst die mächtige Sonne, die alle andere Planeten überwindet und an ihren Triumphwagen fesselt, in jedem Jahre um sich herum führt? Hätte sie keinen Stoß erhalten, der sie in Bewegung setzte, und dadurch bewirkte, daß sie dem Einflusse jener Alles anziehenden Centralkraft widerstehen könnte, müßte sie da nicht unaufhaltsam nach der Sonne zu stürzen und in ihren Lichtmeeren ihren Untergang finden? Oder soll man wieder das Unmögliche sich denken und annehmen, daß die anziehende Kraft der Sonne vor und hinter der Erde wirksam sei und nur bei ihr plötzlich ihren Einfluß verliere? Das Alles sind denn in der That Gründe, die uns wohl nicht mehr zweifeln lassen können, daß die Erde es ist, welche durch ihre Bewegung um die Sonne die Jahresperiode bewirkt, daß sie ein Planet, wie die andern ist, und mit diesen zu Einem großen Systeme von Weltkörpern gehört, die die Sonne als ihre Königin anerkennen und von ihr die Gesetze der Bewegung und alles Leben empfangen.

§. 174.

Aber einem Einwurfe müssen wir noch begegnen, der mit einem Scheine von Rechtmäßigkeit gegen die Bewegung der Erde gemacht werden kann. Wenn, sagt man, die Erde sich um die Sonne bewegt, so muß, da ihr Abstand von derselben 20 Millionen Meilen beträgt, ihre Bahn einen Durchmesser von 40 Millionen Meilen haben. Sie hat also am Ende eines halben Jahres eine Stellung gegen die Fixsterne, die um 40 Millionen Meilen von der am Anfange dieses Zeitraums abweicht. Dies müßte man doch wohl durch eine Veränderung der Lage der Fixsterne gegen einander merken. Ist Fig. 147. der Kreis um S die Erdbahn und AB ihr Durchmesser, so sieht die Erde in A den Fix-

stern E bei dem entfernteren G; ist sie aber in B angekommen, so sieht sie den nämlichen Stern bei F, also von G entfernt. Es müßte also am Ende des halben Jahres die Stellung der Fixsterne gegen einander merklich verschieden von der am Anfange sein, aber davon nehmen wir nicht das Geringste wahr. Wir mögen die Lage der Fixsterne gegen einander untersuchen, wann wir wollen: niemals finden wir irgend eine Veränderung in derselben, die dahin gezogen werden könnte. So wahr dieses ist, so ist doch daraus keineswegs ein Schluß gegen die Bewegung der Erde zu machen. Denn jene Unveränderlichkeit in der Lage der Fixsterne gegen einander kann eben sowohl von ihrer ungeheuren Entfernung von der Erde, als von der Unbeweglichkeit der letztern herrühren. Der Winkel nämlich, welchen die Linien AE und BE mit einander machen, ist eben das, was wir §. 154. die jährliche Parallaxe genannt haben. Er muß, wie jede Parallaxe, desto kleiner werden, je weiter der Stern E von AB gedacht wird. Befindet er sich in H, so ist der Winkel AHB die jährliche Parallaxe und bedeutend kleiner als AEB. Sieht man aus A den Stern H bei I, so sieht man ihn in B bei K, also viel weniger von I entfernt, als es G von F war, wo man den Stern E von A und B aus erblickte. Noch kleiner ist die Parallaxe ALB, wenn der Stern in L steht, und noch weniger scheint er sich in B von dem Stern N entfernt zu haben, bei dem er in A gesehen wurde. Je größer daher die Entfernung des Sterns im Verhältniß zum Durchmesser der Erdbahn ist, desto weniger wird seine Lage gegen andere Sterne verändert. Es läßt sich berechnen, daß bei einer Entfernung von 4 bis 5 Billionen Meilen, die den Durchmesser der Erdbahn 100,000 mal übertrifft, der parallaxische Winkel 1 bis 2″ groß sein müsse, eine Größe, die klein genug ist, um uns fast unmerkbar zu bleiben und fast gar keine Veränderung in der Lage der Fixsterne zu verursachen. Was übrigens die jährliche Parallaxe für eine Erscheinung an den Fixsternen hervorbringen müsse, sieht man aus Fig. 148. In A sieht man den Stern E bei F; während nun die Erde bis D rückt, muß der Stern einen ähnlichen Bogen von F bis G zu beschreiben, und während die Erde bis B kommt, von I nach H zu rücken scheinen; wenn aber die Erde durch den Bogen BLA geht, wird der Stern den Bo-

gen HGF durchlaufen. Er wird also am Himmel den Kreis FIHG um den Punkt c vollenden, während die Erde um den Punkt K in dem Kreise ADBL herum läuft, und der vom Sterne beschriebene Kreis muß uns unter eben dem Winkel erscheinen, unter dem die Erdbahn selbst von einem Auge im Sterne gesehen wird, denn die Scheitelwinkel HEF und AEB sind einander gleich.

§. 175.

Es mußte den Astronomen sehr daran liegen, zu erforschen, ob nicht die Fixsterne wirklich eine solche Parallaxe am Himmel zeigten. Gegen die Mitte des 18. Jahrhunderts beschäftigte sich besonders der englische Astronom Bradley mit diesem Gegenstande. Er beobachtete einen Stern, der gerade durch das Zenith seines Orts ging, und seine Instrumente waren von der Art, daß sie die geringste Veränderung in der Lage desselben gegen das Zenith zeigen mußten. So fand er denn bald, daß der Stern seinen Ort wirklich änderte, daß er sich 6 Monate lang vom Zenith entfernte und in den andern 6 Monaten demselben wieder näherte, daß er so einen Kreis von 40″ im Durchmesser beschrieb. Er setzte diese Beobachtungen viele Jahre lang fort und fand, daß der Kreis, den der Stern beschrieb, in jedem Jahre derselbe war. Auch andere Astronomen stellten nun dieselbe Beobachtung an und fanden dasselbe Resultat. So ergab sich denn, daß alle Sterne während eines Jahres eine kreisähnliche Figur am Himmel beschrieben, deren größter Durchmesser 40″ betrug, daß aber diese krummlinichte Figur desto mehr vom Kreise abwiche, je schiefer die Lage des Sterns gegen die Erdbahn war, also gerade so erschien, wie es die Gesetze der Perspektive erforderten. Aber schon Bradley und so auch alle übrige Astronomen bemerkten, daß diese Bewegung gar nicht so beschaffen war, wie es sein mußte, wenn man sie als Wirkung einer Parallaxe betrachten sollte; sie mußte daher eine andere Ursache haben. Zugleich aber lehrten diese Beobachtungen, daß man an den Fixsternen schlechterdings keine Bewegung wahrnehmen konnte, die auf eine Parallaxe zu deuten schien; man schloß daher, daß die jährliche Parallaxe der Fixsterne ganz unmerklich sein, daß dieselben also in ungeheurer Entfernung von uns abstehen müßten. Aus Bradley's und Anderer Beobachtungen folgte

indessen so viel, daß jene Bewegung, was auch ihre Ursache sein mochte, doch nur scheinbar war: wie hätte sie sonst bei allen Fixsternen ganz auf einerlei Art wahrgenommen werden können; auch folgte, daß sie mit der Bewegung der Erde in Verbindung stehen müßte, da sie sich bei allen Fixsternen genau und auf einerlei Art nach den Jahreszeiten richtete und bei jedem Sterne nur in so fern verändert erschien, als es seine Lage gegen die Erdbahn und die davon abhängende Perspektive erforderte. So war denn also diese Beobachtung ein offenbarer Beweis, daß die Erde sich jährlich um die Sonne bewege; denn ohne eine solche Bewegung anzunehmen, war sie schlechterdings nicht erklärbar. Woher übrigens jene Bradleysche Erscheinung rührt, werden wir bald zu zeigen Gelegenheit haben.

§. 176.

Aber, kann man endlich noch sagen, wenn auch die Bewegung der Erde an den Fixsternen wegen ihrer ungeheuren Entfernung keine Parallaxe gibt, so muß man dieselbe doch bei den Planeten bemerken. Dies ist auch vollkommen gegründet, und eben die Parallaxe der Erdbahn ist die Ursache von allen den Unregelmäßigkeiten, die wir in der Bewegung der Planeten wahrnehmen, von ihrem scheinbaren Stillstehen und Vor- und Rückwärtsgehen: Unregelmäßigkeiten, die sich freilich auch bei dem Stillstehen der Erde, aber nur sehr gezwungen und unnatürlich erklären lassen, während sie nach dem Kopernikanischen System auf die einfachste Art nachgewiesen werden können, auf die einfachste, also gewiß auch der höchsten Weisheit dessen, der das Weltall bereitete, angemessenste Art; denn dieser Weisheit ist es am würdigsten, die mannichfaltigsten und größten Zwecke durch die kleinsten und ungezwungensten Mittel zu erreichen. Es bewegt sich also die Erde um die Sonne, weil das Gegentheil allen Gesetzen der Natur, ja, den Begriffen von der höchsten Weisheit selbst widersprechen würde, und weil sich uns Erscheinungen am Himmel zeigen, die ohne diese Annahme gar nicht erklärbar sind, oder auch gar nicht stattfinden könnten. In einem Jahre fliegt daher die Erde um die Sonne in einem Kreise, der, da sein Durchmesser 40 Millionen Meilen beträgt, einen Umfang von 127 Millionen Meilen haben muß. Sie vollendet so in einem Tage über 346000, in

einer Stunde über 14000, in einer Minute über 240 und in einer Sekunde über 4 Meilen. Welche unbegreifliche Geschwindigkeit und welche Größe von Kraft, die eine so gewaltige Masse mit solcher Stärke fortzuschleudern vermag? Was sind dagegen alle Bewegungen, die der Mensch durch Benutzung der Naturkräfte hervorzubringen vermag? Die am stärksten wirkende Kraft auf der Erde ist die des Schießpulvers. Dennoch würde eine Kanonenkugel, wenn sie auch in jeder Sekunde durch 2000 Fuß getrieben werden könnte, gegen 50 Jahre brauchen, um den ungeheuren Weg zu durchfliegen, und das schnellste Schiff würde ihn kaum in 8000 Jahren vollenden können.

§. 177.

Wir haben oben bemerkt, daß die von Bradley beobachtete Bewegung der Fixsterne sich nicht durch die Parallaxe erklären lasse, sondern einen andern Grund haben müsse. Um dieses deutlich einzusehen, wollen wir untersuchen, wie denn eigentlich die Bewegung beschaffen sein werde, welche die Parallaxe, wenn es eine gäbe, an den Fixsternen verursachen würde, und wie davon die von Bradley gemachte Beobachtung verschieden sei. Die Lage eines Fixsterns gegen die Erdbahn ist entweder in der Ebene derselben oder außerhalb. Die größte Entfernung über oder unter der Erdbahn hat ein Stern, wenn er 90° von derselben absteht, d. h. im Pole der Ekliptik sich selbst befindet. Wir wollen also die Frage beantworten: wie verändert sich durch die Parallaxe der Ort des Sterns gegen die Ekliptik, d. h. wie verändert sich seine Länge und Breite, wenn er sich in der Ebene derselben und wie, wenn er sich außerhalb befindet?

Es sei Figur 149. der perspektivisch gezogene Kreis **ABDE** die Bahn der Erde, deren Richtung von Westen nach Osten in ihrer Bewegung um die Sonne durch die Ordnung der Buchstaben angezeigt werde. In **S** stehe die Sonne und in **F** ein Fixstern, und zwar in der Ebene der Erdbahn selbst. Der größere perspektivische Kreis **KLMN** sei die Projektion der Erdbahn an der Sphäre, welche entsteht, wenn man sich die Ebene derselben nach allen Seiten bis an die Sphäre erweitert vorstellt, so daß sie den Umfang derselben durchschneidet. Dieser Durchschnitt ist die Ekliptik und erscheint durchgängig als Kreis, weil jeder Schnitt einer

Kugel durch eine Ebene ein Kreis sein muß. Befindet sich nun die Erde in A, so sieht sie die Sonne und den Stern F nach einerlei Richtung; beide erscheinen ihr an einem und demselben Orte m in der Ekliptik, und man sagt, die Erde stehe in Conjunction mit Sonne und Stern, wofür das Zeichen ☌ gebraucht wird. Steht die Erde in D, so sieht sie den Stern noch immer in m, die Sonne aber in K, also im entgegengesetzten Punkte der Ekliptik. Diese Stellung nennt man die Opposition, und bezeichnet sie durch ☍. In der Conjunction war die Länge des Sterns und der Sonne einerlei; in der Opposition ist beider Länge um 180° unterschieden. Befindet sich die Erde auf ihrem Wege von A nach D gerade in der Mitte, nämlich in B, so sieht sie die Sonne in N, und also in einem Abstande = 90° von dem scheinbaren Orte m des Sterns. Das Nämliche ist der Fall, wenn sich die Erde in E, d. h. in der Mitte ihres Weges von D nach A befindet; sie sieht alsdann die Sonne in L, also auch 90° von m entfernt. Diese beiden Stellungen nennt man die Quadraturen, und bezeichnet sie durch □. Die Stellung in B, welche die Erde nach der Conjunction erreicht, heißt die erste, und die Stellung in E, wohin sie nach der Opposition gelangt, die letzte Quadratur. Setzen wir nun, daß in Fig. 149. die Erde sich in A, der Stern in F befindet, also die Erde in der Conjunction, so sieht sie den Stern in m, und wenn sie in D oder in der Opposition steht, ebenfalls in m, weil die Punkte A, D und m in gerader Linie liegen. Es kann also in diesen Stellungen gar keine Parallaxe entstehen. Befindet sich aber die Erde in der ersten Quadratur B, so sieht sie den Stern F nicht in m, sondern in g, und steht sie in der letzten Quadratur E, so erscheint ihr der Stern in h. Der Winkel EFB ist also jetzt die Parallaxe, und auf die Lage des Sterns hat diese den Einfluß, daß der Erde in B der Stern unter einer größern, in E aber unter einer kleinern Länge erscheinen muß. Die Grade der Länge werden nämlich auf der Ekliptik nach der Richtung gezählt, nach welcher die Erde sich bewegt, also nach der Richtung KLm. Ist z. B. in L der ♈ Punkt, so ist für B die Länge des Sterns der Bogen Lmg und für E der Bogen Lh. In der ersten Quadratur ist also die Länge des Sterns am größten, in der letzten am kleinsten, in der Conjunction und

Opposition hat er die mittlere, also die wahre Länge. Die Bewegung des Sterns F wäre also folgende: Der Erde in A erscheint er in m, so wie nun die Erde von A nach B geht, scheint sich der Stern von M nach g zu bewegen, in g erreicht er seine größte Abweichung von m. Geht nun die Erde von B nach D, so scheint sich der Stern wieder von g zurück nach m zu bewegen, und in D hat er wieder die mittlere oder wahre Länge Lm. Rückt ferner die Erde von D nach E, so scheint der Stern von m nach h zu gehen, und für E wird er in h seine größte Abweichung von m erreichen. Endlich bewegt sich die Erde von E nach A, und der Stern geht wieder zurück von h nach m. Von der letzten bis zur ersten Quadratur, oder in dem Bogen EAB wird also die Länge des Sterns beständig zu-, von der ersten Quadratur aber bis zur letzten, oder in dem Bogen BDE beständig abnehmen, und in g und h wird das Maximum der Zu- und Abnahme sein. Da der Stern in der Ekliptik steht, so hat er gar keine Breite und da alle Linien von A, E, D, B in der Ebene der Ekliptik bleiben, so kann er auch keine scheinbare Breite bekommen. Die ganze Bewegung des Sterns ist also eine gerade Linie von h nach g und von g zurück nach h.

§. 178.

Steht der Stern außer der Ekliptik, so sei wieder Fig. 150. ADBE die Erdbahn, KLMN ihre Projection an der Sphäre oder die Ekliptik, RLTN die Ebene des Aequators, welche die Ekliptik unter einem Winkel von $23\frac{1}{2}$ Grad schneidet, in V der Pol des Aequators, also VS die Weltaxe und in W der Pol der Ekliptik, also WS die Axe derselben. Es steht also WS senkrecht auf die Ebene der Ekliptik, so wie VS senkrecht auf die Ebene des Aequators. Die kleinen Kreise bei A und B mögen die Erde bedeuten. Der Stern F stehe im Zenith Z eines Punktes auf der Erde. Wenn diese nun in A ist, also Sonne und Stern nach einerlei Gegend des Himmels, d. h. in demselben Meridian erblickt, so ist die Gesichtslinie nach dem Stern die Linie AF, und der Stern scheint ihr um den Winkel FAM über der Ekliptik erhaben, also ist FAM die Breite des Sterns und dieser wird an der Sphäre in G gesehen. Steht die Erde in der Opposition, in B, wo sie Sonne und Stern nach entgegen-

gesetzter Richtung, die erstere also in dem untern, den letztern in dem obern Meridian sieht, so ist **BF** die Gesichtslinie nach dem Sterne und dieser scheint ihr um den Winkel **FBM** über der Ekliptik erhoben, dieser Winkel ist also wieder die Breite des Sterns, welcher der Erde jetzt in **H**, also höher zu stehen scheint. Es ist nämlich der Winkel **FBM** der äußere Winkel des Dreiecks **AFB**, folglich so groß als die Winkel **FAB** und **AFB** zusammengenommen. Die scheinbare Breite des Sterns hat also um den Winkel der Parallaxe **AFB** zugenommen, und die Punkte **G** und **H**, wo man ihn an der Sphäre sieht, liegen über einander. Auch die Declination des Sterns hat sich mit der Breite verändert. Denn da die Linien von dem Beobachtungsorte auf der Erde nach dem Zenith an der Sphäre immer einander parallel bleiben, die Erde mag sich in ihrer Bahn befinden, wo sie will, weil gegen die unendliche Entfernung des Umfangs der Sphäre die ganze Erdbahn nur Ein Punkt ist, so ist **BZ** parallel mit **AZ**, und wenn bei dem Stande der Erde in **A** die Linie nach dem Stern durch das Zenith ging und mit der Axe des Aequators den Winkel **PAZ** bildete, so geht sie bei dem Stande der Erde in **B** links von der Linie nach dem Zenith, nämlich von **BZ** weg, und hat sich der Axe, folglich der scheinbare Ort des Sterns dem Pole genähert *), seine Declination ist also auch größer geworden. In der Conjunction **A** hat also der Stern die kleinste Breite und die kleinste Declination, in der Opposition **B** aber ist Beides am größten. Die Länge des Sterns kann weder in der Conjunction noch Opposition verändert werden, denn die Linien **AF** und **BF** liegen mit **AB**, also auch mit **AM** in Einer Ebene. Wird z. B. der Stern **F** in **A** über dem Punkte **M** der Ekliptik gesehen, so erscheint er auch in **B** über diesem Punkte, also in der Ebene **AFM**. In der Conjunction und Opposition also verändert sich durch die Parallaxe nur die Breite, nicht die Länge des Sterns.

---

*) In der Figur ist der Punkt F so nahe genommen, daß BF sogar links von der Axe qQ fällt, wodurch z. B. die nördliche Declination des Sterns, die er in A hatte, sogar in südliche verwandelt würde; aber so nahe kann kein Stern sein, und wenn sich der Leser nur den Umfang der Sphäre größer und den Stern F weiter von D entfernt denkt, so wird die Linie BF rechts von qQ, obgleich links von BZ fallen, wie im Texte angegeben ist.

Steht nun die Erde in den Quadraturen D oder E, so liegen die Gesichtslinien nach dem Stern in der Ebene FED und weisen dem Stern seinen Ort an der Sphäre in O und I an, nämlich die erste Quadratur D erblickt ihn in O und die letzte Quadratur E in I. Es ist aber ED senkrecht auf AB, also liegen die Linien EF und DF nicht über, sondern neben einander, und der scheinbare Ort des Sterns I muß über einen Punkt m der Ekliptik diesseits, M und der scheinbare Ort O über einen Punkt t der Ekliptik jenseits M liegen. Ist nun wieder in L der ♈ Punkt, so ist die scheinbare Länge des Sterns für den Stand der Erde in D der Bogen Lt und für den Stand der Erde in E der Bogen Lm, im erstern Falle also die Länge des Sterns größer als LM, im letztern um eben so viel kleiner. Daß nun durch diese Veränderung der Länge auch die Rectascension des Sterns verändert werden müsse, ist von selbst klar. Die kleinste Länge muß mit der kleinsten, die größte Länge mit der größten Rectascension correspondiren.

Wenn also die Erdbahn eine Parallaxe an den Fixsternen verursacht, so muß sich dieses auf folgende Art äußern. Sterne in der Ekliptik werden ein jährliches geradlinichtes Hin- und Herschwanken zeigen; Sterne außer der Ekliptik aber werden in einer krummen Linie um ihren wahren Ort sich bewegen, die desto mehr einem Kreise gleichen wird, je näher der Stern dem Pol der Ekliptik steht, desto mehr aber einer ganz schmalen Ellipse, je weniger der Stern von der Ekliptik entfernt ist. Eine ungefähre Darstellung dieser Bewegung soll Fig. 151. geben. Der äußere Kreisbogen bezeichne einen Theil der Ekliptik und die andern Kreisbogen Theile von Parallelkreisen derselben, der Mittelpunkt von allen bei C sei der Pol der Ekliptik. Das Ganze muß man sich übrigens als Ausschnitt einer Halbkugel denken. Ein Stern in der Ekliptik erscheint also, wenn die Erde in der Conjunction steht, an seinem wahren Orte g. Von da bis zur ersten Quadratur bewegt er sich innerhalb 3 Monaten in der Ekliptik von g nach b, so daß seine Länge zunimmt; in den 3 Monaten von der ersten Quadratur bis zur Opposition geht er von b wieder zurück nach g, wo ihn die Erde in der Opposition erblickt. Während diese nun in 3 Monaten zur letzten Quadratur fortgeht, bewegt sich der Stern von g nach a und hat hier seine kleinste Länge

und in den letzten 3 Monaten bis zur Conjunction geht der Stern wieder von a nach g. — Außerhalb der Ekliptik erscheint uns der Stern niemals an seinem wahren Orte g, weil jetzt in der Conjunction und Opposition sich auch seine Breite verändert und diese Veränderung wächst immermehr, je weiter sich der Stern von der Ekliptik entfernt, bis im Pole derselben die Veränderung der Breite der Veränderung der Länge (diese bleibt nämlich überall gleich groß) gleich wird und also die Bewegung des Sterns als vollkommener Kreis erscheint. Bei der Conjunction erscheint also der Stern in seiner wahren Länge, aber in der kleinsten scheinbaren Breite; wir sehen ihn in c unterhalb g, in der ersten Quadratur erscheint er in der wahren Breite, aber in der größten scheinbaren Länge, also in b, in der Opposition hat er wieder die wahre Länge, aber die größte scheinbare Breite, er steht also in d, und in der letzten Quadratur sehen wir ihn in a in der kleinsten scheinbaren Länge, aber in der wahren Breite. Auf diese Art, hoffen wir, soll es unsern Lesern deutlich werden, wie man beurtheilen konnte, ob die an den Fixsternen beobachtete Bewegung von der Parallaxe herrühren könne oder nicht.

§. 179.

Bradley's Beobachtungen nämlich zeigten allerdings etwas Aehnliches, denn der Fixstern bewegte sich wirklich auch in solchen kleinen Ellipsen um seinen wahren Ort, wie Fig. 151. zeigt; man konnte daher im ersten Augenblicke glauben, eine Parallaxe gefunden zu haben. Aber genauere Untersuchungen der beobachteten Erscheinung mußten auch sogleich zeigen, daß ihr etwas anderes, als eine Parallaxe zum Grunde liegen müsse. Denn die kleinste Breite des Sterns fiel nicht in die ☌ (Conjunction), sondern in die erste Quadratur, und die größte Breite nicht in die ☍ (Opposition), sondern in die letzte Quadratur, die Länge aber war in der ☌ am kleinsten, in der ☍ am größten, statt daß sie bei der Parallaxe in der ersten Quadratur am größten, und in der letzten am kleinsten hätte sein sollen. In der Zeit der Conjunction also wurde der Stern nicht in c, sondern in a, bei der ersten Quadratur nicht in b, sondern in c, bei der Opposition nicht in d, sondern in b, und bei der letzten Quadratur nicht in a, sondern in d gesehen. Hätte also die

Bewegung von der Parallaxe hergerührt, so hätte sich der Stern von der Conjunction bis wieder zur Conjunction durch **cbda** bewegen müssen; dagegen ging die wirklich beobachtete Bewegung durch **acbd**. Da also bei den sorgfältigsten Beobachtungen Bradley's und anderer Astronomen, sich keine Bewegung an den Fixsternen zeigte, die von der jährlichen Parallaxe herrühren konnte, so hat man den gewiß richtigen Schluß gemacht, daß dieselbe so klein sein müsse, daß sie nicht leicht, auch für die strengsten Instrumente, zu bemerken ist. Bradley schloß, daß bei dem von ihm beobachteten Stern dieselbe kleiner als 1" sein müsse, weil er sie sonst wahrgenommen haben würde. Wollte man aber auch sagen, daß der von ihm beobachtete Stern vielleicht gerade einer der entfernteren gewesen sei, so ergibt sich doch aus allen anderen Beobachtungen, daß die Parallaxe auch des nächsten Fixsterns kleiner, als 2" sein müsse, welches die Entfernung eines solchen nächsten Fixsterns wenigstens auf 4 Billionen Meilen oder 100000 Durchmesser der Erdbahn bringen würde. Der entfernteste uns bekannte Planet steht um 10, der entfernteste Komet vielleicht um 1000 solcher Durchmesser von uns ab; aber was sind alle diese Weiten gegen einen Abstand, der 100000 Durchmesser der Erdbahn, jeden von 40 Millionen Meilen, in sich begreift? Zwischen dem entferntesten der zu unserm Sonnensystem gehörigen Weltkörper und dem nächsten Fixstern ist also noch ein ungeheurer Zwischenraum. Denn setzen wir auch die äußerste Grenze unseres Sonnengebietes in einen Abstand von 10000 Durchmessern der Erdbahn und nehmen wir das Gebiet eines Fixsterns eben so groß an, so bliebe doch zwischen beiden noch ein leerer Raum von 80000 Erdbahndurchmessern. Wozu, könnte man fragen, diese ungeheure Kluft, in der noch so viele Sonnensysteme ihren Platz finden könnten? Aber erstlich könnte man sagen: Wir haben doch wohl noch die Grenzen unseres Sonnengebietes zu enge angenommen. Es kann noch jenseits des Uranus Planeten geben, die uns vielleicht für immer unsichtbar bleiben; es können Kometen in noch weit größeren Abständen von der Sonne, als wir oben uns gedacht haben, ihre Bahnen um das große Weltlicht vollführen. Allein, wenn auch dies Alles nicht der Fall ist, so ließe sich zweitens antworten, daß vielleicht solche große Zwischenräume nöthig sind, damit nicht durch die

allgemein verbreitete Anziehungskraft ein Sonnensystem das andere störe: ein Grund, dessen Anwendbarbeit wir noch deutlicher einsehen werden, wenn wir erst das Verhältniß der verschiedenen Theile unseres Sonnensystems näher kennen gelernt und mit der Lehre von den im Weltall wirkenden Kräften uns noch mehr bekannt gemacht haben. Drittens scheint aber überhaupt der Begriff des Leeren im Weltall ein Unding zu sein. Die Räume zwischen den Weltkörpern enthalten gewiß eine Menge feiner Stoffe und entschieden ist es wenigstens, daß sie mit demjenigen ätherischen Stoffe erfüllt sind, den wir als die Basis des Lichts annehmen. Also auch die anscheinend leeren Räume sind erfüllt, sind eben sowohl Welten, als jene einzelnen Körper, die in ihnen schwimmen. Und wenn diese, vermöge ihrer gröbern Bestandtheile, zu Wohnplätzen von Wesen, die mehr der Materie, als dem Geistigen angehören, bestimmt sind, so sind vielleicht jene weiten Räume mit ihrem ätherischen Inhalt die Wohnung von Wesen, die sich mehr dem Reingeistigen nähern. Nimmt man auch alle möglichen Sonnen, Planeten und Kometen zusammen, so sind sie doch nichts gegen den unendlichen Raum, der sie umgibt. Sind also sie nur Wohnplätze des Lebens, so ist der bei weitem größte Theil des Universums dem Tode geweihet, und aus diesem Grunde schon möchte die eben angeführte Idee nicht so ganz unstatthaft erscheinen.

§. 180.

Doch anstatt weiter in einer Nacht umher zu tappen, wo sich dem Sterblichen vielleicht nie ein leitender Stern zeigen möchte, wollen wir lieber eine andere Frage zu beantworten suchen, ob sich nicht etwas über die wirkliche Größe der Weltkörper bestimmen lasse, die wir Fixsterne nennen. Wenn man die Entfernung eines Körpers kennt, so bedarf es nur noch die Kenntniß seiner scheinbaren Größe, um daraus seine wirkliche zu bestimmen. Es ist aber die scheinbare Größe eines Körpers der Gesichtswinkel, welchen die vom Auge nach zwei äußersten, einander entgegengesetzten Grenzpunkten gezogenen Linien mit einander machen. Ist Figur 152. in **C** das Auge und **AB** der Durchmesser eines Körpers, so ist **ACB** oder **x** der Winkel, unter dem er gesehen wird, oder seine scheinbare Größe. Dieser Win-

kei ist aber bei den Fixsternen äußerst schwer zu messen. Wir haben schon früher gesehen, daß das funkelnde Licht, welches der Stern zeigt, nicht der Kern desselben selbst ist, sondern von dem Schimmer, der jeden stark leuchtenden Körper umgibt, entsteht. Dieser Schimmer vermischt sich, wenn der Körper selbst sehr klein erscheint, so mit dem Kern, daß wir beide nicht deutlich von einander unterscheiden können, so lange wir nicht im Stande sind, durch starke Vergrößerungen den Kern als eine abgesonderte bestimmte Größe darzustellen. Bei den Planeten leisten dies unsere Fernröhre, aber bei den Fixsternen hat es auch mit den vollkommensten noch nicht glücken wollen. Man sieht zwar allerdings eine runde Scheibe, aber diese kann man immer noch nicht für den wahren Kern annehmen, weil die Bedeckungen der Fixsterne durch den Mond denselben weit kleiner angeben. Dieser Weltkörper nämlich durchläuft in einer Zeitsecunde ungefähr einen Bogen von der Größe einer halben Secunde. Betrüge also der wahre scheinbare Durchmesser eines Fixsterns 1", so müßte der Mond 2 Zeitsecunden brauchen, um ihn ganz zu bedecken. Aber diese Bedeckung dauert nicht einmal eine halbe Secunde, sondern geschieht augenblicklich, welches nothwendig einen Kern von weniger als $\frac{1}{2}$ Secunde im Durchmesser voraussetzt. Man sieht daraus, daß bis jetzt der scheinbare Durchmesser eines Fixsterns, auch des scheinbar größten, für uns unmeßbar ist, daß also auch über seine wirkliche Größe nichts Sicheres ausgemacht werden kann. Gesetzt aber, der wirkliche Durchmesser eines Sterns, der um 200000 Halbmesser der Erdbahn von uns entfernt ist, wäre $\frac{1}{3}$ Secunde, wie Herschel den Durchmesser der Wega in der Leier wirklich gefunden haben will, also der Winkel x eben so groß, so kann man den Durchmesser **AB** wegen seiner Kleinheit als den Bogen eines Kreises ansehen, der mit dem Halbmesser **CA = CB** beschrieben ist. Eigentlich wäre **AB** (Fig. 152.) die Sehne eines Bogens **ADB**; aber je kleiner der Bogen wird, zu dem die Sehne gehört, desto weniger ist sie von dem Bogen verschieden, wie man aus der Figur sieht, wenn man die Sehne **AB** mit dem Bogen **ADB** und dagegen die Sehne **EF** mit dem Bogen **EDF** vergleicht. Sehnen also, die zu ganz kleinen Bogen von einigen Secunden gehören, sind mit diesen Bogen selbst für einerlei zu halten. Da sich

nun Bogen wie die Halbmesser ihrer Kreise verhalten, so kann man **AB** als einen Bruch vom Halbmesser **AC** ansehen. Es verhält sich nämlich der ganze Umfang von 360° zu der Zahl 3,1415926 (welche die Peripherie eines Kreises ausdrückt, wenn der Durchmesser = 1 gesetzt wird), wie der Bogen von $\frac{1}{3}''$ zu seiner Größe in Theilen des Durchmessers. Man findet durch die Rechnung, wenn man den Durchmesser, da der Halbmesser = 1 sein soll, = 2 setzt, diesen Bogen von $\frac{1}{3}'' = 0{,}000001616 = \frac{1616}{1000000000} = \frac{1}{618812}$, d. h. der Bogen **AB** oder der Durchmesser des Sterns ist der 618812te Theil vom Halbmesser **AC**, und da **AC** als die Entfernung des Sterns von der Erde = 200000 Halbmesser der Erdbahn = 4000000000000 (4 Billionen) Meilen ist, so braucht man nur mit 618812 in 200000 oder in 4000000000000 zu dividiren, so erhält man, da hier nur von ungefähren Quotienten die Rede sein kann, die Größe von **AB** = $\frac{1}{3}$ vom Halbmesser der Erdbahn oder 6 Millionen Meilen. Unsere Sonne hat einen scheinbaren Durchmesser von ungefähr 32′ in einer Entfernung von 20 Millionen Meilen, also in der Entfernung vom Halbmesser der Erdbahn selbst. Ihr wirklicher Durchmesser beträgt daher 0,009308 = $\frac{9308}{1000000} = \frac{10}{1074}$ von diesem Halbmesser, welches ungefähr 188000 Meilen geben würde. Jener Stern Wega wäre dann 36 mal größer im Durchmesser, als die Sonne. Daraus sieht man wenigstens so viel, daß die meisten Fixsterne unserer Sonne an Größe gleichen, viele sie sogar übertreffen und nur wenige kleiner sein werden. Man sieht zugleich, daß die Fixsterne Weltkörper sind, die nicht zu unserm Sonnensysteme gehören, von der Sonne nicht ihr Licht erhalten können; denn dann würden sie uns in der ungeheuren Entfernung, worin sie sich befinden, gar nicht sichtbar sein, da schon Uranus in einer Entfernung von nur 20 Halbmessern der Erdbahn dem bloßen Auge, wenn es nicht sehr scharf ist, verschwindet. Es sind also selbst Sonnen, wie die unsrige, und jeder unter ihnen ist gewiß Beherrscher eines ähnlichen Planetensystems, wie es unsere Sonne von den bekannten Planeten ist.

§. 181.

Wir werden nun der Beantwortung der Frage, was die Bradley'sche Erscheinung eigentlich für eine Ursache habe,

näher kommen können; zuvor aber müssen wir noch eine Erscheinung am Himmel beobachten, die uns den vollen Aufschluß darüber geben wird, und dies ist die von Cassini entdeckte Geschwindigkeit des Lichts. Daß diese von außerordentlicher Größe sein müsse, lehren schon die Erscheinungen auf der Erde. In welcher Entfernung auch ein Lichtpunkt aufflammt, wir sehen ihn in dem nämlichen Augenblick, in welchem er sein Licht aussendet, und so scheint es, als ob das Licht gar keiner Zeit bedürfe, um zu unserm Auge zu gelangen, während der Schall eine sehr mäßige, leicht meßbare Geschwindigkeit hat. Sehen wir den Blitz einer entfernten Kanone oder eines entfernten Gewitters, so erblicken wir ihn in demselben Augenblicke, wo er entsteht, aber den Schall hören wir immer später, je weiter sein Entstehungspunkt von uns entfernt ist. Man hat berechnet, daß die Geschwindigkeit des Schalls in 1 Secunde 1042 Pariser Fuß betrage. Ist also der Donner der Kanone etwa 4 Meilen oder ungefähr 92000 Pariser Fuß von uns entfernt, so hört man denselben etwa $1\frac{1}{2}$ Minute später, als man den Blitz sieht. Daß man aber auf der Erde in jeder möglichen Entfernung das Licht in dem Augenblicke sieht, wo es entsteht, ist noch kein Beweis, daß es gar keine meßbare Geschwindigkeit habe. Wenn diese so groß ist, daß es jede auf der Erde mögliche Entfernung augenblicklich durchläuft, z. B. etwa zu einer Weite von 100 Meilen nur den 100sten Theil einer Secunde gebraucht, so vermögen wir diesen kleinen Zeittheil nicht mehr abzumessen und es wird uns die nämliche Empfindung entstehen, als ob das Licht wirklich gar keine Zeit zu seiner Bewegung nöthig hätte. Sollen wir also die Frage beantworten, ob und welche Geschwindigkeit das Licht habe, so müssen wir uns nach größeren Abständen umsehen und diese kann uns nur der Himmel darbieten. Der Planet Jupiter ist mit 4 Monden umgeben, die, gleich unserm Monde, denselben umkreisen und mit ihm zugleich um die Sonne gehen. Jupiter ist weiter von der Sonne entfernt, als die Erde, und seine Bahn schließt also die Erdbahn in sich. Diese Monde treten nun während ihres Umlaufes um den Hauptplaneten, eben so in seinen Schatten, wie der Mond bei einer Mondfinsterniß in den Erdschatten tritt. Es gibt also auch für den Jupiter Mondfinsternisse, und die Astronomen sind im

Stande, Anfang und Ende derselben eben so genau zu berechnen, wie dies bei unsern Mondfinsternissen der Fall ist. Es sei Figur 153. in **S** die Sonne, **ADBE** die Erdbahn, **FHGI** die Jupitersbahn, so steht, wenn die Erde sich in **A** und Jupiter sich in **G** befindet, dieser Planet mit der Sonne in Conjunction (☌), ist er in **F**, in Opposition (☍) und ist er in **H** oder **S**, in den Quadraturen. Berechnet man nun den Anfang einer solchen Verfinsterung eines Jupitermondes, so stimmt die Berechnung mit der Beobachtung vollkommen überein, wenn Jupiter sich zu der Zeit in einer seiner Quadraturen befindet, weicht aber desto mehr davon ab, je näher derselbe der ☌ oder ☍ ist und zwar so, daß zwischen den Quadraturen und der ☍ die Finsterniß eher und zwischen den Quadraturen und der ☌ später eintritt, als die Rechnung gibt. Diese Abweichung steigt sowohl in der ☍, als in der ☌ auf 8 Min. $13\frac{1}{3}$ Sec., so daß der ganze Unterschied zwischen der ☍ und ☌ sich auf 16 Min. 27 Sec. beläuft. Die Beobachtung ergibt ferner, daß die Beschleunigung oder die Verzögerung des Eintritts immer in genauem Verhältnisse mit der Entfernung Jupiters von der Erde steht, so daß man daraus Correctionstafeln für diese Finsternisse hat berechnen können, die nun Anfang und Ende derselben gerade so liefern, wie man es in der Wirklichkeit findet. Offenbar liegt nun der Grund dieser Erscheinung eben so in der Zeit, welche das Licht zu seiner Bewegung braucht, als die Verspätung des Schalles in der Zeit liegt, welche die Schallstrahlen zu ihrer Bewegung brauchen. Steht die Erde in **A** und 4 in **F**, also in der ☍, so ist **AF** seine Entfernung von der Erde; steht er aber in **G**, also in der ☌, so ist seine Entfernung **AG**, also = **AB** + **BG** = **AB** + **AF**, weil man **BG** ungefähr eben so groß als **AF** setzen muß. In **G** ist also Jupiter um den Durchmesser der Erdbahn weiter von der Erde entfernt, als in **F**; das Licht hat also in **G** einen um **AB** größern Raum zu durchlaufen, ehe es in unser Auge gelangen kann. Nun sehen wir jeden Körper in dem Augenblicke, wo das von ihm ausgehende Licht unser Auge trifft. Der Jupitersmond wird also uns verschwinden, wenn der letzte von ihm ausgegangene Strahl in unser Auge gekommen ist, und wir sehen ihn wieder aus dem Schatten treten, wenn sein erster Strahl unser Auge erreicht. Ist nun Jupiter in **G**, so müs-

sen wir die Verfinsterung des Mondes um so viel später sehen, als der letzte Lichtstrahl desselben Zeit gebraucht, um den Raum **BA**, d. h. den Durchmesser der Erdbahn, zu durchlaufen, und da nun die Verfinsterung uns 16 Min. 27 Sec. später sichtbar wird, als sie wirklich eintritt, so müssen diese 16 Min. 27 Sec. auf den Weg von **B** bis **A** verwendet werden. Das Licht braucht also, um den Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen, 16 Min. 27 Sec., es legt also in 1 Sec. 40540 Meilen zurück, und seine Geschwindigkeit ist folglich über 10000 mal größer, als die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bewegung um die Sonne. Daraus ergibt sich dann auch, daß wir auf der Erde gar keinen Maßstab für diese Geschwindigkeit haben können. Denn in dem 100sten Theil einer Secunde durchläuft das Licht schon über 400 Meilen; es ist uns aber weder möglich, in dieser Entfernung einen entstehenden Lichtblitz zu beobachten, noch einen so kleinen Zeittheil genau zu messen, und also muß das Licht bei allen irdischen Gegenständen eine für uns augenblickliche Geschwindigkeit haben.

§. 182.

Diese Erfahrung nun wird uns die Bradley'sche Beobachtung vollkommen deutlich machen. Unser Auge ist mit der Erde bei ihrer Bewegung um die Sonne auch in beständiger Bewegung. Während sich also der von einem Fixstern ausgehende Lichtstrahl gegen uns bewegt, bewegt sich auch das Auge mit der Erde nach einer Richtung, welche die Richtung des Lichtstrahls unter verschiedenen Winkeln schneidet. Das Auge wird also den Lichtstrahl nach den Gesetzen der zusammengesetzten Bewegung empfinden. Ist Fig. 154. ein Körper in **A**, der von einer Kraft in einer gewissen Zeit nach **D** und von einer andern Kraft in der nämlichen Zeit nach **B** getrieben wird, so daß sich beide Kräfte wie die Linien **AD** und **AB** zu einander verhalten, so wird, wie wir schon aus §. 162. wissen, der Körper die Diagonale **AE** des Parallelogramms **ADEB** durchlaufen, und stößt er in **E** auf einen andern Körper, so wird dieser denselben Eindruck leiden, als ob **A** die einfache Bewegung **AE** gehabt hätte. Es lehrt uns ferner die Erfahrung, daß wir dieselbe Empfindung haben, ob ein Körper mit einer gewissen Geschwindigkeit auf uns stößt, oder ob wir mit

derselben Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung auf jene stoßen. Bewegen sich also zwei Körper so, daß sie auf einander stoßen, so findet man die Wirkung des Stoßes, den jeder leidet, wenn man den einen Körper sich ruhend denkt und dem andern auch noch die Bewegung desselben, aber in entgegengesetzter Richtung, gibt. In der Figur bewege sich ein Körper von **D** nach **E** in der Zeit, in der ein anderer non **A** nach **E** geht, so daß sie in **E** auf einander stoßen, so ist die Wirkung des Stoßes auf den ersten Körper so, als ob er in **E** ruhete und der andere Körper durch seine eigene Kraft **BF = AE** und durch die Kraft **BA = DE** aber entgegengesetzt getrieben worden wäre. Die eine Kraft treibt also den Körper von **B** nach **F**, die andere von **B** nach **A**, so daß der Körper **E** eben die Wirkung erfahren wird, als ob der andere in der Richtung **BE** und mit der Kraft **BE** auf denselben stieße. Wenden wir nun dieses auf unsern Gegenstand an, so können wir sagen, das Auge muß den vom Fixstern kommenden Lichtstrahl so empfinden, als ob dieser von der ihm eigenen Kraft und zugleich auch von der Kraft, die die Erde um die Sonne treibt, nur letztere in entgegengesetzter Richtung genommen, getrieben würde.

§. 183.

Es sei also Fig. 155. in **S** die Sonne, der innere Kreis um dieselbe die Erdbahn, der äußere punktirte die Projection derselben an der Sphäre, also die Ekliptik, die man sich in unendlicher Entfernung von der Erdbahn zu denken hat. Nun können in Beziehung auf die Stellung eines Sterns gegen die Erdbahn wieder eben die Fälle, wie bei der Parallaxe Statt finden. Er steht nämlich entweder in der Ebene der Ekliptik, oder außerhalb derselben und in beiden Fällen sieht ihn die Erde entweder nach einerlei Richtung mit der Sonne, d. h. er steht in Conjunction, oder nach der entgegengesetzten Richtung von der, in welcher ihr die Sonne erscheint, d. h. er steht in Opposition, oder die Erde steht in den Quadraturen, wenn die Linie von der Erde nach der Sonne und dem Stern einen rechten Winkel mit einander machen. Dies sind wenigstens die Hauptstellungen, aus deren Betrachtung auch die Resultate für die unzähligen Zwischenstellungen sich ergeben werden.

§. 184.

Wir wollen nun zuerst die Hauptfälle für den Ort des Sterns in der Ebene der Ekliptik betrachten, welche Figur 155. darstellt. Es stehe also erstlich die Erde in A, die Sonne in S, der Stern in E, also die Erde in der Conjunction. Im Punkte A hat die Erde die Richtung der Tangente AD, denn jeder Körper, der in einer krummen Linie sich bewegt, hat in jedem Augenblicke die Richtung, welche die Tangente angibt, die man in dieser krummen Linie von dem Punkte aus, wo sich der Körper befindet, ziehen kann. Das Verhältniß der Geschwindigkeit des Lichts zu der der Erde ist nach §. 175. wie 10000 zu 1. Der Lichtstrahl also, der von E nach A kommt, legt in eben der Zeit, wo die Erde einen Theil in ihrer Bahn zurücklegt, 10000 solcher Theile zurück. Denkt man sich nun den Theil, den die Erde in einer gewissen Zeit in ihrer Bahn zurücklegt, sehr klein, so fällt damit die Tangente AD ganz zusammen, d. h. die Erde bewegt sich in diesem Elemente ihrer Bahn so, als ob sie gerade nach der Tangente AD fortginge, so daß AD selbst das zurückzulegende Element bezeichnet. Dieses kann die Figur freilich nicht darstellen und der Leser muß sich folglich AD so klein denken, daß es sich gar nicht von dem dazu gehörigen Bogen unterscheidet. Macht man nun Ae 10000 mal größer, als AD, so legt das Licht in eben der Zeit den Raum eA zurück, in welcher die Erde von A nach D läuft. Der von E kommende Lichtstrahl wird also das Auge so afficiren, als ob er von seiner eigenen Kraft eA und zugleich von der Kraft der Erde AD, aber entgegengesetzt genommen, getrieben würde. Verlängert man nun AD nach B, macht AB = AD und bildet aus AB und Ae ein Parallelogramm ABGE, so wird der Lichtstrahl in e von 2 Kräften, eA und eG, getrieben, von denen letztere = AB = AD, also so groß wie die Geschwindigkeit der Erde in A ist. Es muß also das Licht die Diagonale eB durchlaufen, und zieht man nun AF parallel mit Be, so zeigt AF an, in welcher Richtung der Lichtstrahl von E zum Auge zu kommen scheint. Dieses wird also den Stern nicht an seinem wahren Orte E in der Ekliptik erblicken, sondern in f, weil er das Licht in der Richtung FA von demselben empfängt. Nun werden die Grade der Länge auf der Ekliptik nach der Richtung der Erde, nämlich von

Westen nach Osten, gezählt, also in der Figur von R nach E. Gesetzt nun, in R ist der ♈ Punkt, so ist die wahre Länge des Sterns RE; da aber derselbe in f, also westlich von E gesehen wird, weil der Strahl AF nach der Seite zu, nach welcher die Erde läuft, von AE abweicht, so wird die scheinbare Länge des Sterns kleiner sein, als die wahre; erste ist Rf, letztere RE. Der Stern wird also um den Bogen eF = Ef oder um den Winkel eAf westlich von seinem wahren Orte gesehen, und wie viel dieser Bogen oder Winkel betrage, läßt sich so bestimmen. Wir wissen, daß eA 10000 mal größer ist, als AB oder eF; es ist daher eF = $\frac{1}{10000}$ von eA. Wegen der Kleinheit von eF kann man eA = FA setzen und also eF als die Sehne eines Bogens ansehen, der mit dem Halbmesser Ae beschrieben wäre, und da bei so kleinen Bogen die Sehne von dem Bogen selbst nicht mehr unterschieden ist, so ist auch der Bogen eF = $\frac{1}{10000}$ vom Halbmesser Ae oder $\frac{1}{20000}$ vom Durchmesser. Da nun für den Durchmesser = 1 der Umfang = 3,1415926 (§. 12. Nr. 18.) ist, so läßt sich aus der bekannten Größe des Bogens auch seine Größe in Graden bestimmen, wenn man aufsetzt: Der Umfang 3,1415926 verhält sich zu $\frac{1}{20000}$, wie 360° zu der Größe des Bogens in Graden. Die Rechnung gibt 20″ und etwas darüber. So groß ist nun auch der Winkel eAF und folglich ist in der Conjunction die scheinbare Länge des Sterns um 20″ kleiner, als die wahre. Diese Abweichung nun des scheinbaren Orts des Sterns von seinem wahren heißt die Aberration (Abirrung) des Lichts. Es wird dadurch in der Conjunction bloß die Länge geändert, nicht die Breite. Dies erhellet für unsern Fall sehr leicht. Da nämlich der Stern in der Ebene der Ekliptik steht, also EA und AB in einerlei Ebene, nämlich in der Ebene der Ekliptik, liegen, so liegt auch Be und folglich auch die damit parallele AF, so wie auch eF in derselben Ebene. Also wird der Ort des Sterns durch die Aberration nicht aus der Ebene der Ekliptik gebracht; sie betrifft also bloß die Länge desselben.

§. 185.

Befindet sich der Stern in der Opposition, also die Erde in C, wenn der Stern in E ist, so läuft sie nach der Richtung CO und diese Tangente ist wieder einerlei mit dem

sehr kleinen Elemente, das die Erde im Punkte C ihrer Bahn in eben der Zeit zurücklegt, in welcher das Licht einen 10000 mal größern Raum durchläuft. Es werde also wieder die Geschwindigkeit der Erde durch CO und die des Lichts durch gC ausgedrückt, so wird das Auge in C den Lichtstrahl so empfinden, als ob derselbe von der Kraft gC und einer, der Kraft der Erde gleichen, aber entgegengesetzten Kraft gL getrieben würde. Macht man nun wieder das Parallelogramm der Kräfte CgLN, so drückt gN den Weg und die Richtung des Lichtstrahls aus und zieht man CK parallel mit Ng, so ist CK die Richtung, in welcher der von E kommende Lichtstrahl vom Auge in C empfunden wird. Dieses sieht also den Stern in E so, als ob er nach der Richtung CK stände; es sieht ihn daher in der Ekliptik in h und da wieder die Länge von Westen nach Osten, also von R nach E gezählt wird, so muß die scheinbare Länge des Sterns größer sein, als die wahre, weil der Strahl Ch nach der Seite zu liegt, wohin die Erde läuft, und zwar muß sie um den Bogen gK, oder gCK, größer sein; beides beträgt aber aus den nämlichen Gründen, die wir für die Conjunction erörtert haben, auch 20″. In der Conjunction wird also die Länge um 20″ kleiner, in der Opposition um 20″ größer; der Stern bleibt aber aus dem nämlichen Grunde, wie vorhin, in der Ebene der Ekliptik, weil die Linien GC, CE, EN, ON alle in dieser Ebene ligen; es erhält also derselbe keine Breite.

§. 186.

Befindet sich die Erde in der Quadratur I oder H, so ist ihre Richtung in I die Tangente IP und in H die Tangente HQ, beide mit AE parallel. Wegen der ungeheuren Entfernung der Fixsterne, gegen die der Durchmesser der Erdbahn HI als ein Punkt zu betrachten ist, sind die Linien von I und H nach dem Stern E mit einander und mit AE parallel; der Strahl fällt also nach I und H in der Richtung der Tangenten PI und HQ selbst, ohne mit ihnen einen Winkel zu machen; daher kann kein Parallelogramm der bewegenden Kräfte entstehn und die Richtung des Strahls bleibt unverändert. Es behält also der Stern in I und H vollkommen seinen wahren Ort in der Ekliptik und seine Länge wird weder kleiner noch größer. Daß auch kein Er-

heben des Strahls über die Ebene der Ekliptik Statt finden könne, ergibt sich, weil der Lichtstrahl in der Richtung der Tangenten IP und HQ, also in der Ebene der Ekliptik, bleibt.

Für Sterne in der Ekliptik wird also bloß die Länge verändert. In der Conjunction hat der Stern seine kleinste Länge, man sieht ihn in f und der Unterschied der scheinbaren von der wahren Länge ist fE = 20″. So wie nun die Erde von A nach I sich bewegt, wird fE immer kleiner, die Länge also größer. Kommt die Erde nach I, so ist fE = 0 und die Länge des Sterns ist die wahre. Geht dann die Erde von I nach C, so wird die scheinbare Länge größer, als die wahre, und wächst fort, bis die Erde nach C kommt, wo die scheinbare Länge am größten ist und ihr Unterschied von der wahren, nämlich Eh, den größten Werth = 20″ hat. Nun wird dieser Unterschied, so wie die Erde fort nach H geht, immer kleiner und kleiner, bis er für H selbst = 0 wird. Von da aus geht er in den entgegengesetzten Unterschied über, d. h. die scheinbare Länge wird kleiner, als die wahre. In A hat der Unterschied wieder seinen größten Werth und die Länge ist am kleinsten. Hieraus folgt also, daß alle Fixsterne in der Ekliptik in der Conjunktion die kleinste, in der Opposition die größte, in den Quadraturen die mittlere Länge haben. Ihre ganze Bewegung vermöge der Aberration des Lichts wird also darin bestehen, daß sie, wenn man mit den Quadraturen anfängt, von E aus entweder nach f oder nach h in gerader Linie fortrücken und wenn sie f oder h, d. h. einen Abstand = 20″ von E, erreicht haben, wieder nach E in derselben Linie umkehren werden.

§. 187.

Steht der Stern nicht in der Ebene der Ekliptik, sondern außerhalb derselben, so wird nicht nur seine Länge, sondern auch seine Breite verändert werden und zwar letztere desto mehr, je weiter der Stern über die Ekliptik erhaben ist, am meisten also, wenn der Stern im Pole der Ekliptik selbst liegt, oder 90° von derselben absteht. Die hierher gehörigen Fälle erläutern Fig. 156. und 157. Es sei Fig. 156. über der Ebene der Ekliptik ein Stern in E. Der kleine Kreis um S sei wieder die Erdbahn, der größere

punktirte die Projection derselben an der Sphäre, also die Ekliptik, in S sei die Sonne und in A die Erde, so daß diese die Sonne und den Stern nach einerlei Gegend des Himmels sieht. Denkt man sich nun vom Pol der Ekliptik längs der Sphäre durch den Stern E einen Kreis senkrecht auf die Ekliptik gezogen, also einen Breitenkreis, so bestimmt dieser in R den Punkt der Ekliptik, über welchem der Stern senkrecht steht und ER ist die Breite des Sterns, LR aber seine Länge, wenn in L der ♈ Punkt ist und die Erde nach der Richtung AIC umläuft. Die Erde läuft nach der Tangente AD und nimmt man wieder, wie oben, diese Tangente mit einem sehr kleinen Elemence der Erdbahn zusammenfallend, so kann sie den Weg der Erde ausdrücken, welchen diese in eben der Zeit zurücklegt, in welcher der von E ausgehende Lichtstrahl den 10000 mal größern durchläuft. Ist nun EA der vom Stern E nach der Erde kommende Lichtstrahl, so sei AD und Ae in dem angegebenen Verhältnisse. Macht man also AB = AD und beschreibt das Parallelogramm AeGB, so sind eA und eG die Kräfte, welche den Lichtstrahl bewegen und die Diagonale eB, folglich auch die damit parallele AF, zeigt die Richtung an, in welcher der Strahl EA zum Auge kommt. Dieses wird also den Fixstern so sehen, als ob er in f stände. Diese Veränderung wird nun wieder bloß die Länge, nicht die Breite betreffen. Es ist nämlich GF parallel mit BD, dieses BD aber liegt in der Ebene der Ekliptik, also ist auch GF parallel mit der Ekliptik und folglich auch Ef. Der scheinbare Ort des Sterns f liegt also nicht unter dem wahren E, sondern neben demselben, in gleicher Entfernung von der Ekliptik, also in einerlei Breite, weil sonst Ef nicht parallel mit der Ebene der Ekliptik sein könnte. Wenn also der wahre Ort des Sterns E senkrecht über R war, so liegt jetzt sein scheinbarer f westlich davon; denn der Strahl AF weicht nach der Seite ab, wohin die Erde läuft, also wird die wahre Länge des Sterns oder der Bogen LR um den Winkel eAF vermindert, dem auf der Ekliptik der Bogen Rq entspricht, die Länge des Sterns ist also nur Lq.

§. 188.

Befindet sich die Erde an der entgegengesetzten Seite in C, also mit dem Stern in Opposition, so läuft sie nach der

Tangente CO, während der Lichtstrahl durch eC geht. Wegen der ungeheuren Entfernung der Fixsterne geht jetzt der Lichtstrahl Ce parallel mit Ae. Auf eben die Art nun, wie vorher, wird das Licht von den Kräften eC und eF getrieben und läuft in der Diagonale eN, der Stern wird also in der Richtung CG gesehen, und da GF wieder mit ON und also auch mit der Ebene der Ekliptik parallel ist, so weicht der Strahl nicht über oder unter der Parallelebene ab, in welcher er wirklich mit der Ekliptik liegt, sondern nur seitwärts und zwar nach der Seite zu, wohin die Erde läuft, also liegt der Punkt G östlich von e und der Stern wird in g gesehen, seine scheinbare Länge ist folglich um den Winkel eCG größer; er scheint daher nicht über R, sondern über p zu stehen, so daß Lp seine Länge ist; die Breite desselben aber bleibt ganz die nämliche. Die Größe des Winkels, um welchen die Länge in der Conjunction vermindert und in der Opposition vermehrt wird, ist ganz dieselbe, wie für den Fall, wo der Stern in der Ebene der Ekliptik lag, nämlich 20". Auch ist klar, daß für alle Sterne außerhalb der Ekliptik eben das gelten müsse, was wir für einen unter ihnen soeben bewiesen haben. Die Länge wird also bei jedem in der Conjuncton um 20" vermindert und in der Opposition um 20" vergrößert, die Breite aber bleibt ungeändert.

§. 189.

Nun bleibt uns noch für die Sterne außerhalb der Ekliptik der Fall zu betrachten, wenn die Erde in den Quadraturen steht. Es sei also Fig. 157. die Erde in I oder in der ersten Quadratur, der Stern in E. Die Erde geht nach der Tangente ID, der Lichtstrahl macht in dieser Zeit den Weg eI und bildet man wieder das Parallelogramm der Kräfte eIBG, zieht dessen Diagonale eB und damit parallel IF, so sieht die Erde den Stern in der Richtung IF, an der Sphäre also in f. Dies wird nun eine Abweichung in der Breite, aber nicht in der Länge sein, denn die jetzige Richtung der Erde ID ist senkrecht auf ihre Richtung AQ in der Conjunction; die Richtung eF, in der der Strahl abweicht, ist also auch, weil eF parallel mit ID ist, senkrecht auf die Richtung TV, in der er bei der Conjunction abwich, und da dieses letztere in der Länge geschah, so geschieht

die jetzige Abweichung in der Breite, d. h. der Stern wird über oder unter der Parallelebene gesehen, in welcher er sich eigentlich befindet. Da nun IF nach der Seite hin abweicht, wohin die Erde geht, so liegt F unterhalb e, d. h. der Ekliptik näher, die Breite des Sterns wird also um den Winkel eIF verkleinert; es erscheint derselbe an der Sphäre unter E in f und seine Breite ist aus EU und fU geworden. Dagegen muß die Länge unverändert bleiben, weil f mit E in einerlei Breitenkreis, also beide über einerlei Punkt U in der Ebene der Ekliptik senkrecht liegen.

§. 190.

Befindet sich die Erde in der letzten Quadratur, also in H, so geht sie nach O und wenn He in dem angegebenen Verhältnisse 10000 : 1 zu HO steht, so ist HNFe das Parallelogramm der Kräfte und die Richtung des von E kommenden Lichtstrahls wird aus eH zu eN oder HG, wenn HG parallel mit eN gezogen ist. Die Erde sieht also den Stern in der Richtung HG in g an der Sphäre. Aus den nämlichen Gründen, wie vorher, ist dies eine Aenderung der Breite, nicht der Länge, und zwar wird die Breite vergrößert und aus EU zu gU. Wir bemerken nur noch, daß die Gesichtslinien von I und H nach einem und demselben Stern E wieder einander parallel sein müssen, weil gegen die Entfernung von E die ganze Erdbahn nur ein Punkt ist, und also die Linien IE und HE, die sich eigentlich in E schneiden, einander parallel bleiben, ja gewissermaßen eine und dieselbe sind. Nehmen wir nun dies Alles zusammen, so ergibt sich Folgendes: In der Conjunction hat der Stern, wo er auch stehen mag, seine kleinste Länge, in der ersten Quadratur ist dieselbe der wahren gleich, in der Opposition am meisten größer, in der letzten Quadratur wieder die wahre. In der ersten Quadratur sieht man also in Rücksicht der Länge den Stern an seinem wahren Orte, dann wächst seine scheinbare Länge nach der Opposition zu und wird in dieser 20 Secunden größer, als die wahre, dann nimmt dieser Unterschied wieder ab und wird in der letzten Quadratur = 0, wächst darauf wieder, aber entgegengesetzt, d. h. die scheinbare Länge wird kleiner, als die wahre, bis sie in der Conjunction den kleinsten Werth erhält, nämlich 20″ kleiner, als die wahre ist, worauf dieser Unterschied

wieder kleiner wird und mit der ersten Quadratur verschwindet. In Rücksicht der Breite nun ist diese in der Conjunction der wahren gleich, wird dann bis zur ersten Quadratur immer kleiner und erreicht in dieser selbst ihren kleinsten Werth. Wie viel dieser beträgt, hängt von der Höhe des Sterns über der Ekliptik ab. Denn ist der Stern in der Ekliptik selbst, so hat derselbe gar keine Breite, weder wahre noch scheinbare, beide beginnen also erst mit dem Erheben des Sterns über die Ekliptik und der Unterschied zwischen beiden wächst, je höher der Stern über der Ekliptik steht. Ist er z. B. in r, so ist der größte Unterschied für beide Quadraturen der Bogen rp und ro, ist er in q, so ist der größte Unterschied der Bogen qn und qm, größer als rp und ro, ist er in E, so ist der größte Unterschied der Bogen Ef und Eg größer, als qn und qm. Folglich wird dieser Unterschied den größten Werth erhalten, wenn der Stern am höchsten über der Ebene der Ekliptik, also senkrecht über derselben, oder 90° davon entfernt, d. h. im Pole der Ekliptik selbst steht. Dieser größte Unterschied beträgt alsdann gerade eben so viel, als der größte Unterschied der Länge in der Conjunction oder Opposition, nämlich 20"; für alle andere Stellungen aber ist er kleiner. Bewegt sich nun die Erde aus der ersten Quadratur nach der Opposition, so wird der Unterschied der Breite immer geringer, bis er in der Opposition selbst verschwindet. Von jetzt an wächst der Unterschied wieder bis zur letzten Quadratur und zwar so, daß die scheinbare Breite größer wird, als die wahre. In der letzten Quadratur selbst hat der Unterschied seinen größten Werth, die scheinbare Breite übertrifft die wahre am meisten, so daß für einen Stern im Pole der Ekliptik der Ueberschuß 20" ausmacht. Von da an nimmt derselbe wieder ab und in der Conjunction wird die scheinbare Breite wieder der wahren gleich. Die Aberration des Lichts wird sich also an der Sphäre durch ähnliche, aber nicht durch gleiche Bewegungen der Fixsterne äußern, wie die Parallaxe, wenn es eine gäbe. Ein Stern in der Ekliptik wird in gerader Linie hin und her zu schwingen scheinen. Steht die Erde in der Conjunction, so ist er Figur 151. in a, weil er alsdann die kleinste Länge hat, zur Zeit der ersten Quadratur ist er in g, also in der wahren Länge, bei der Opposition in b, in der letzten Quadratur wieder in

g und mit der Conjunction in a. Der Stern wird also in den ersten 3 Monaten nach der Conjunction von a nach g, in den zweiten 3 Monaten von g nach b, in den folgenden 3 Monaten von b wieder zurück nach g, und in den letzten 3 Monaten von g nach a gehen. Die ganze Linie ab aber, in der er sich bewegt, beträgt 40″. Diese geradlinichte Bewegung verwandelt sich nun in eine Ellipse, sobald der Stern über die Ebene der Ekliptik zu treten anfängt, und diese Ellipse wird immer breiter, je weiter der Stern von der Ekliptik absteht, wie es die Zeichnung in der Figur darstellt. Seine Bewegung ist durchgängig acbda, wenn man von der Conjunction an rechnet. Im Pole der Ekliptik selbst beschreibt der Stern einen vollkommenen Kreis, und der wahre Ort des Sterns ist allemal der Mittelpunkt des Kreises oder der Ellipsen; der Durchmesser aber jenes Kreises und die große Axe der übrigen Ellipsen ist durchgängig gleich groß, nämlich 40″, also eben so groß, wie die gerade Linie ab in der Ekliptik. Wie nun diese Bewegung von der durch die Parallelaxe bewirkten sich unterscheide, davon haben wir schon §. 172. und 173. gesprochen.

§. 191.

Wie nun die gegebene Beschreibung und Erklärung der Aberration ganz genau mit den Beobachtungen Bradley's übereinstimme, davon werden sich unsere Leser schon überzeugt haben, indem sie das, was die Theorie gab, mit den Beobachtungen selbst verglichen. Es kann daher keinem Zweifel unterworfen sein, daß wir in der Theorie der Aberration die richtige Erklärung der Bradleyischen Beobachtungen gefunden haben, aber zugleich sind diese auch dadurch ein unumstößlicher Beweis für die Bewegung der Erde. Denn ohne diese wäre keine Aberration des Lichts denkbar und die ganze Erscheinung könnte am Himmel nicht stattfinden. Wir haben also jetzt einen eben so festen und direkten Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne, als es die Abplattung an den Polen und die Verminderung der Schwere am Aequator für die Rotation der Erde war. Die Astronomen haben besondere Aberrations-Tafeln verfertigt, welche den Unterschied der wahren und scheinbaren Länge, so wie der wahren und scheinbaren Breite für jede Stellung der Erde in ihrer Bahn und für jede Lage des

Sterns gegen die Ebene der Ekliptik angeben. Diese Tafeln dienen, um die durch die Beobachtung gefundene Länge und Breite eines Sterns darnach zu verbessern. Da man aber eigentlich nicht die Länge und Breite der Sterne durch Beobachtung findet, sondern ihre Deklination und Rectascension, so enthalten die Aberrationstafeln nicht die Korrektion für die Länge und Breite, sondern die der Rectascension und Deklination, welche durch Rechnung aus jenen eben so gefunden werden können, wie man Länge und Breite aus Rectascension und Deklination berechnet (§. 88.). Auch die Sonne hat eine Aberration, aber bloß in der Länge, nicht in der Breite, weil sie sich beständig in der Ekliptik befindet. Diese Aberration beträgt immer 20″ und zwar fällt der scheinbare Ort der Sonne für jeden Punkt der Erdbahn nach der Seite zu, wohin die Erde läuft, die Länge der Sonne wird also beständig um 20″ vermindert. Da nämlich die Sonne immer im Mittelpunkte der Erdbahn liegt, so ist ihre Stellung gegen die Erde überall dieselbe. Wie sie von der Erde z. B. in A (Fig. 155.) gesehen wird, so wird sie auch in jedem andern Punkte gesehen und folglich tritt immer der Fall ein, wie bei Fixsternen, die mit der Sonne in Conjunction stehen, d. h. die Sonne erscheint in s, so wie der Fixstern in f. In den astronomischen Sonnentafeln ist immer diese scheinbare Länge angegeben; will man also daraus die wahre haben, so muß man noch 20″ addiren.

§. 192.

Noch eine wichtige Entdeckung machte Bradley, als er sich mit der Aberration des Lichts beschäftigte. Er fand nämlich, daß zwar jeder Stern an demselben Tage des Jahres seine größte oder kleinste Entfernung vom Pole hatte, daß aber die Größe dieser Entfernung sich in jedem Jahre änderte und so entdeckte er denn durch die genauesten Beobachtungen, daß, außer der jährlichen Aberration, jeder Stern sich 9 Jahre lang dem Pole allmählig um 18″ näherte und dann 9 Jahre hindurch wieder um eben so viel davon entfernte. Es war dies also eine Bewegung, die eine 18jährige Periode hatte und zwar von der Art, daß, wenn die Sterne sich auf der einen Seite dem Pole näherten, die auf der andern Seite sich um eben so viel von demselben entfernten,

ohne doch ihre Lage gegen einander und gegen die Pole der Ekliptik zu ändern. Dies bewies, daß die Bewegung wiederum bloß scheinbar und ihre Ursache nicht in den Sternen, sondern in einer Bewegung der Erdaxe zu suchen sei. Nehmen wir nämlich an, daß sich diese in einem pendelartigen Hin- und Herwanken befindet, so wird sich die Veränderung in der Lage der Sterne gegen den Aequator so erklären lassen. Es sei Fig. 158. **NS** die Weltaxe, **BD** der Aequator, in **A**, **P**, **Q** und **O** seien Sterne. Kommt nun die Axe durch eine Pendelbewegung um **C** in die Lage **EF**, also der Aequator in die Lage **LM**, so ist die Deklination des Sterns **A** aus **AD** zu **AM**, die des Sterns **O** aus **OD** zu **OM**, die des Sterns **Q** aus **QB** zu **QL** und die von **P** aus **PB** zu **PL** geworden. Die Deklination der Sterne **A** und **Q** nimmt also um eben so viel zu, als die Deklination der Sterne **O** und **P** abnimmt. Hat die Axe die Lage **GH** und also der Aequator die Lage **IK**, so ist die Deklination der Serne **A** und **Q** kleiner geworden, nämlich aus **AD** und **QB** zu **AK** und **QI**, die Deklination der Sterne **P** und **O** aber hat sich vergrößert, sie ist aus **OD** und **PB** zu **OK** und **PI** geworden. Die Bogen **KM** und **LI**, um welche die Deklination überhaupt zu- oder abnahm, betrugen, wenn sie am größten waren, nach der genauesten Beobachtung 19″,3 und dieser größte Werth fand Statt, wenn der Bogen im Solstitialkolur lag. So weit läßt sich die Erscheinung durch eine Pendelbewegung der Pole in Einer Ebene, wie sie die Figur darstellt, erklären. Aber nicht bloß die Abweichung, sondern auch die Rektascension der Sterne litt eine ähnliche Veränderung, indem auch die Durchschnittspunkte des Aequators und der Ekliptik eine solche schwankende Bewegung hatten. Dieses letztere Hin- und Herwanken der Pole ist auf dem vorigen senkrecht und so ergiebt sich denn endlich aus allen Beobachtungen, daß die ganze Erscheinung dadurch zu erklären sei, daß man annimmt, die Weltpole drehen sich binnen 18 Jahren in einer kleinen Ellipse herum, deren größter Durchmesser = 19″,3, der kleinste im Aequinoctialkolur liegende aber = 14″,4 sei. Der wahre Pol befindet sich also beständig in der Peripherie dieser kleinen Ellipse, deren Mittelpunkt **N** und **S** der mittlere Weltpol heißen kann. Die Bewegung in der kleinen Ellipse geschieht gegen die Ordnung der Zeichen, also von Osten nach Westen. Dieser

mittlere Pol ist nun derjenige, welcher in 25,800 Jahren sich auch gegen die Ordnung der Zeichen um den Pol der Ekliptik bewegt und dadurch das Vorrücken der Nachtgleichen bewirkt, und während dieser Bewegung drehet sich der wahre Pol innerhalb 18 Jahre um den mittleren herum, so daß man diese letztere Bewegung recht gut als ein Hin- und Herschwanken des Pols ansehen kann, weswegen auch die ganze Erscheinung das Schwanken oder die Nutation der Erdaxe oder Weltaxe heißt.

§. 193.

In Fig. 159. haben wir noch durch eine andere Zeichnung die beiden Bewegungen der Weltpole zu erläutern gesucht. In **N** ist der mittlere Nord-, in **S** der mittlere Südpol, indem man sich **S** auf der hintern Halbkugel der Sphäre denken muß, so daß **NS** die mittlere Weltaxe ist; ferner ist **ACB** der mittlere Aequator, **KCL** die Ekliptik, **C** der Durchschnittspunkt des mittleren Aequators mit der Ekliptik, **PQ** also der mittlere Aequinoctial- und **ANB** der mittlere Solstitialkolur. Die Sphäre erscheint uns in der Zeichnung, so wie sie sich zeigen muß, wenn das Auge sich zwar in der Ebene des Aequinoctialkolurs, aber nicht in der Ebene des Aequators, sondern nördlich über dieselbe erhaben befindet, so daß es die Pole nicht am Rande, sondern den Nordpol auf der Fläche der sichtbaren Halbkugel, den Südpol aber gar nicht sieht. Der Kreis **NFGHN** um den Pol **E** der Ekliptik stellt nun die Bewegung des mittleren Weltpols dar, welche er in 25,800 Jahren um den Pol der Ekliptik vollendet. Während dies geschieht, dreht sich der wahre Pol innerhalb 18 bis 19 Jahren in der kleinen Ellipse **abcd** um den mittleren Weltpol herum und folgt demselben auf seiner Bewegung um **E**. Diese letztere Bewegung ist die Nutation der Welt-, eigentlich Erdaxe. Befindet sich z. B. der wahre Pol in **b**, so hat die Axe die Lage **bo**, und ist er in **d**, so hat sie die Lage **dp**. Zugleich stellt die Figur die verschiedenen Lagen des Aequators vor. Steht nämlich der wahre Pol in **a**, so hat der Aequator die Lage **AeB** und sein Durchschnittspunkt mit der Ekliptik ist in **e**; steht der wahre Pol in **b**, so hat der Aequator die Lage **lCm**, der Durchschnitt mit der Ekliptik ist also **C**; steht er in **c**, so ist **AFB** und steht er in **d**, so ist **gCh** die Lage des Aequa-

tors und die Durchschnittspunkte mit der Ekliptik sind f und C. Diese Punkte sind also auch in einer schwankenden Bewegung, von C nach e, dann wieder nach C, dann auf der andern Seite nach f und nun nach C zurück. Für die Lagen des Weltpols in a und c wird daher nicht nur die Deklination, sondern auch die Rektascension geändert. Steht z. B. ein Stern in M und der Pol in a, so ist er die Rektascension und Mr die Deklination; steht der Pol in b, so ist die Rektascension = Cu und die Deklination Mu; ist der Pol in c, so ist fv die Rektascension und Mv die Deklination, und ist der Pol in d, so ist Cw die Rektascension und Mw die Deklination. Auch zeigt die Figur, wie die Schiefe der Ekliptik durch die Nutation einer periodischen Veränderung unterworfen ist. Ist nämlich der Pol in b, so ist er von dem Pol der Ekliptik um 19″ weiter entfernt, als wenn er in d ist, um so viel ist also auch die Schiefe der Ekliptik größer, für b ist sie der Winkel LCm, für d der kleinere Winkel LCh. Uebrigens brauchen wir wohl kaum zu bemerken, daß in der Figur Alles nach einem sehr übertriebenen Maßstabe vorgestellt ist, da alle Veränderungen, die durch die Nutation entstehen, immer nur wenige Sekunden betragen.

Die Ursache der ganzen Erscheinung liegt in der Bewegung des Mondes. Wir werden also erst Rechenschaft darüber geben können, wenn wir von der Bewegung dieses Weltkörpers und dem Einflusse seiner anziehenden Kraft auf die Erde sprechen. Hier bemerken wir nur noch, daß die Astronomen auch Tafeln berechnet haben, welche die Verbesserung der scheinbaren Rektascension und Deklination der Sterne wegen der Nutation der Erdaxe enthalten.

§. 194.

Wir haben nun mehrere Bewegungen der Fixsterne gefunden, die alle scheinbar sind, weil sie von der Bewegung der Erde herrühren. Dazu gehören 1) die tägliche Bewegung von Osten nach Westen, als Folge der entgegengesetzten Rotation der Erde. 2) Die allgemeine jährliche Bewegung der Fixsterne von Osten nach Westen, welche durch die entgegengesetzte Bewegung der Erde von Westen nach Osten bewirkt wird. 3) Das Zurückweichen der Aequinoctialpunkte, weil vermöge der Bewegung des Erd- oder Weltpols um

den Pol der Ekliptik der Aequator seine Lage gegen letztere ändert und dieselbe in immer andern Punkten durchschneidet, so daß diese Durchschnitte gegen die Ordnung der Zeichen von Osten nach Westen jährlich um 50″,23 fortrücken, und der Pol in 25 bis 26,000 Jahren seinen Umlauf um den Pol der Ekliptik vollendet. 4) Die Bewegung, welche durch die Veränderung der Schiefe der Ekliptik bewirkt wird und in einer Bewegung des Pols der Ekliptik gegen den Weltpol besteht, so daß beider Entfernung von einander sich ändert, gegenwärtig geringer wird, und daher die Ekliptik dem Aequator sich nähert und denselben unter einem immer kleinern Winkel durchschneidet. Während alle diese Bewegungen, die letzte sehr wahrscheinlich ausgenommen, um die ganze Sphäre herumgehen, beziehen sich die folgenden und gewiß auch die eben erwähnte vierte bloß auf die Veränderung des scheinbaren Orts der Fixsterne vermittelst einer Bewegung in kleinen mehr oder weniger kreisähnlichen Bahnen. Dazu gehören 5) die durch die Aberration des Lichts verursachte jährliche Bewegung eines Fixsterns in einer kleinen elliptischen oder kreisförmigen Linie, deren größter Durchmesser 40″ beträgt. Sie entsteht aus dem Verhältnisse der Geschwindigkeit des Lichts zu der der Erde bei ihrem jährlichen Umlaufe, wodurch der von einem Stern ausgehende Lichtstrahl in immer andern Richtungen in unser Auge kommt und dadurch den scheinbaren Ort des Sterns nach seiner Länge und Breite verändert. 6) Die kleine Bewegung, welche das Schwanken der Erdaxe in 18 bis 19 Jahren bewirkt, indem der wahre Ort des Pols sich ebenfalls in einer krummen Linie um den wahren Weltpol herumdrehet, und dadurch die Deklinationen und Rektascensionen der Sterne um wenige Sekunden ändert.

Die neuern sorgfältigern Beobachtungen der Fixsterne haben außerdem noch andere, theils scheinbare, theils wirkliche Bewegungen der Fixsterne kennen gelehrt, von denen wir jetzt noch das Wichtigste sagen wollen.

§. 195.

Seit 60 Jahren nämlich fing man an zu bemerken, daß, alle vorige scheinbare Bewegungen abgerechnet, sich doch noch an einzelnen Sternen Veränderungen ihres Orts zeigten, die sich entweder nur durch eine eigenthümliche Be-

wegung dieser Sterne, oder durch eine Bewegung unseres ganzen Sonnensystems erklären lassen. Diese Ortsveränderungen sind freilich äußerst klein, und werden daher erst in mehrern Jahren merklich. Hätten die Alten schon unsere Instrumente und also ihre Beobachtungen mit der nöthigen Genauigkeit anstellen können, so würden wir auch über diese Bewegungen schon mehrere Aufschlüsse haben. Was indessen die neuern Wahrnehmungen davon lehren, ist wichtig genug, um über die Natur dieser Bewegungen urtheilen und zu dem bestimmten Schlusse geleitet werden zu können, daß die Fixsterne eben so, wie die Körper unseres Sonnensystems, frei im Weltraume schwebende Weltkörper und nicht etwa, wie es der äußere Schein gibt, an einem eingebildeten Himmelsgewölbe befestigt sind. Besonders dienen die sogenannten Doppelsterne, um auch die kleinste Verrückung in ihrer Lage gegen einander zu bemerken. Man versteht nämlich unter Doppelsternen zwei oder mehr Sterne, welche so nahe bei einander stehen, daß sie nicht nur dem bloßen Auge, sondern selbst durch mäßige Vergrößerungen als Ein Stern erscheinen und nur durch stärkere von einander getrennt werden. Es sind dergleichen Sterne entweder einander wirklich sehr nahe, oder es ist diese Nähe eine Täuschung, die dadurch entsteht, daß der eine Stern uns näher, der andere entfernter von uns ist, die Gesichtslinien von beiden aber so nahe neben einander hinlaufen, daß ihr Unterschied nur durch starke Vergrößerungen merkbar wird. Beobachtungen haben gezeigt, daß beide Fälle am Himmel stattfinden; der letztere aber ist derjenige, welcher uns über die eigenthümlichen Bewegungen der Sterne oder unsers Sonnensystems zu belehren vorzüglich geschickt ist. Sind nämlich dergleichen Sterne in Bewegung, so muß diese offenbar bei dem nähern merklicher sein, als bei dem entferntern, und beide Sterne werden entweder allmählig noch mehr aus einander rücken, oder sich noch mehr nähern, der eine endlich hinter dem andern ganz verschwinden und dann an der andern Seite wieder sichtbar werden. Ist Fig. 160. das Auge in C, ein näherer Fixstern in a, ein entfernterer in k, so daß die Gesichtslinien aC und kC ganz nahe zusammenfallen, so wird uns der Stern a als ein Doppelstern erscheinen. Bewegt sich nun a nach b, und k nach h zu, also beide entgegengesetzt, so wird die Trennung bald

merklich werden. Aber wenn auch beide nach einerlei Richtung, nämlich a nach b und k nach e zu gehen, so muß doch, wenn auch die Geschwindigkeit beider gleich groß ist, der Bogen, den a beschreibt, unter einem größern Gesichtswinkel erscheinen, als der des Sterns k. Wenn also a nach b, und k in eben der Zeit nach e geht, so daß ab = ke ist, so erscheint uns k in e, a aber in f und der scheinbare Abstand beider hat sich vergrößert. Bewegt sich der nähere Stern von a nach c, während k seinen Ort nur unmerklich ändert, so wird k von a bedeckt werden, und setzt nun a seine Bewegung noch weiter nach g fort, so wird inzwischen k nach i gekommen sein. Man wird also jetzt a in h und k in i, folglich letzterer links von a sehen, da er doch vorher rechts stand. Bei Beobachtung solcher Doppelsterne hat man zugleich den Vortheil, daß, da sie einerlei Lage gegen die Ekliptik und den Aequator haben, die Strahlenbrechung, Aberration, Nutation u. s. w. gleiche Wirkung auf dieselben äußern und daher bei der Beobachtung außer Acht gelassen werden können.

§. 196.

Dergleichen Bewegungen nennt man eigene Bewegungen der Sterne, weil sie nicht allen Sternen auf gleiche Art gemeinschaftlich und auch nicht periodisch sind. Man findet sie bei dem einen Stern mehr, bei dem andern weniger, und bei mehrern bemerkt man gar keine Veränderung; haben sie aber auch eine Periode, so ist diese doch gewiß so groß, daß Beobachtungen von Jahrtausenden nöthig sind, um ihre Dauer zu beurtheilen. Indessen ist diese eigene Bewegung der Sterne nicht immer eine wahre, d. h. eine solche, die den Sternen selbst zukommt, sondern sie kann auch bloß scheinbar sein und von einer Bewegung unseres Auges herrühren. Man pflegt überhaupt in der Astronomie als Grundsatz anzunehmen, jede an den Sternen bemerkte Bewegung so lange als scheinbar anzunehmen, bis sich die Unmöglichkeit zeigt, sie als eine solche zu erklären. Daher pflegt man die eigene Bewegung der Sterne in die wahre und parallaktische zu theilen. Erstere kommt den Sternen wirklich zu; letztere rührt von einer noch nicht ganz ausgemittelten Bewegung der Erde her, ist also eine durch eine Parallaxe entstehende Ortsveränderung. Daß die jährliche

Bahn der Erde um die Sonne keine Parallaxe bei den Fixsternen macht, davon haben wir uns schon überzeugt, folglich, da keine andere Bewegung der Erde möglich ist, als die jährliche, so lange man sich die Sonne in Ruhe denkt, kann die parallaktische Bewegung der Fixsterne von nichts anderm herrühren, als von einer Bewegung der Sonne selbst, an der das ganze Planetensystem Theil nimmt. Da die Sonne eine Bewegung um ihre Axe hat, wie man durch die Bewegung der dunkeln Flecken auf derselben beweisen kann, und bei einem freischwebenden Körper eine Axendrehung ohne fortschreitende Bewegung gar nicht denkbar ist, so folgt schon daraus, daß sie im Weltraume ihren Ort verändern müsse, und da diese Bewegung doch keine Veränderung in der Lage der Sonne gegen die Planeten bewirkt, so müssen diese alle, also das ganze Sonnensystem, daran Theil haben, und wir sind also genöthigt anzunehmen, daß dieses ganze System von Weltkörpern im Weltraume unter den Fixsternen fortrücke. Aus ähnlichen Gründen kann man aber auch allen Fixsternen eine Bewegung zuschreiben. Die Anziehungskraft ist im ganzen Weltall verbreitet; durch sie stehen alle Weltkörper mit einander in Verbindung. Wirkte aber diese Anziehungskraft allein, so müßten vermöge derselben die Sterne endlich in einander stürzen und das ganze Universum zertrümmert werden. Die Ordnung in demselben kann sich also allein nur dadurch erhalten, daß bei jedem Weltkörper noch eine Seitenkraft thätig ist, die mit der Richtung der Anziehungskraft einen Winkel macht und ihr zum Theil entgegenwirkt, wodurch denn nothwendig eine Diagonal-, d. h. eine Bewegung des Weltkörpers in krummer Linie entstehen muß. Auf diese Art ist also die Bewegung aller Sterne eine nothwendige Folge allgemeiner physischer Gesetze. Es werden daher auch die parallaktischen Bewegungen der Sterne eine Zusammensetzung aus ihrer wahren und scheinbaren Bewegung sein, ja diese Zusammensetzung wird auch bei dem, was man ihre wahre Bewegung nennt, stattfinden. Indessen lassen sich doch Merkmale auffinden, um diejenige Bewegung, wobei die wahre zugleich mit sichtbar ist, von der, die mehr rein parallaktisch erscheint, zu unterscheiden. Wenn z. B. mehrere benachbarte Sterne zwar mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit, welches von ihrer kleinern oder größern Entfernung von uns her-

rührt, aber doch nach einerlei Richtung sich bewegen, so ist diese Ortsveränderung wahrscheinlich bloß parallaktisch; wenn aber die Richtungen der einzelnen Sterne unter einander verschieden sind, oder kleinere, also wahrscheinlich entferntere, eine größere Geschwindigkeit äußern als glänzendere, und darum wahrscheinlich nähere Sterne, so läßt sich dies nicht ohne Voraussetzung einer wahren Bewegung denken.

Aus Vergleichung der beobachteten parallaktischen Bewegungen läßt sich dann die Richtung finden, nach der unser Sonnensystem sich bewegt; man wird daher über diese Richtung mehrere Hypothesen versuchen müssen und diejenige endlich für die wahre halten können, welche die meisten eigenen Bewegungen der Sterne erklärt; die übrigen nicht dadurch erklärbaren würden dann für wahre zu halten sein.

§. 197.

Die Bewegung unseres Sonnensystems geschieht, wie alle zusammengesetzte Bewegungen aus stetig wirkenden Kräften, kreisförmig oder elliptisch um einen Centralkörper, dessen mächtige Anziehungskraft dasselbe um sich herum führt. Die Bewegung geschieht aber so langsam, daß sie in vielen Jahren nicht merklich von der Tangente dieses Kreises abweicht, und also lange als geradlinicht angesehen werden kann. Indem also unser Auge mit der Erde und dem ganzen Systeme sich vorwärts bewegt, werden die Sterne, die gerade vor uns oder gerade hinter uns liegen, weder nach der rechten, noch nach der linken Seite sich zu bewegen scheinen, sondern die kleinen vor uns liegenden Gruppen, denen wir uns nähern, werden größer werden und die einzelnen Sterne derselben mehr aus einander treten, während die hinter uns liegenden Sternhaufen sich verkleinern und näher zusammenrücken. Die Sterne, die uns links liegen, besonders die, bei denen die Gesichtslinie nach denselben senkrecht auf die Richtung der Bewegung steht, werden mehr links, die gegenüberstehenden aber an der rechten Seite mehr rechts rücken, oder jene nach der Ordnung der Zeichen, diese gegen dieselbe sich bewegen. Es sei Fig. 161. AB der Bogen von der Bahn des Sonnensystems, der uns noch in gerader Linie erscheint; die Richtung gehe von A nach B. Hinter uns befinde sich die Sterngruppe de, vor uns die Gruppe fg, zu den Seiten die Sterne C, D, E, F. In A sehen

wir die Gruppe de unter dem Gesichtswinkel dAe und von der scheinbaren Größe hl, die Gruppe fg aber unter dem Gesichtswinkel fAg und von der scheinbaren Größe mn, die Sterne C und D bei N und L, die Sterne E und F bei H und K. Kommen wir nach B, so erscheint uns die Gruppe de unter dem kleinern Gesichtswinkel dBe und von der scheinbaren Größe ik, also kleiner und ihre Sterne mehr zusammengerückt; dagegen fg unter dem größern Winkel fBg und von der scheinbaren Größe op, also größer und ihre Sterne mehr aus einander gerückt. Die Sterne C und D aber erscheinen bei O und M, beide haben sich also nach der linken Seite zu gedrehet; die Sterne E und F aber werden bei G und I erblickt, beide haben sich also nach der rechten Seiten von K nach I und von H nach G bewegt. Die Beobachtungen von Herschel und Prevot ergeben, daß die meisten eigenen Bewegungen der Sterne sich erklären lassen, wenn man annimmt, daß unser Sonnensystem sich nach dem westlichen Knie des Herkules fortrücke, dessen Rectascension = 246° und die nördliche Declination = 50° ist. Arktur liegt an der rechten Seite unserer Bewegung und hat eine schon sehr merkliche und zwar rückgängige Bewegung. Seine nördliche Declination nimmt ab, weil wir uns gegen Norden bewegen. Aldebaran und Sirius liegen fast gerade hinter uns; ihre Bewegung ist daher wenig merklich, doch die des Sirius mehr, weil er uns wahrscheinlich näher ist. Kastor und Pollux sind einander sehr nahe und erscheinen von gleicher Größe, dennoch hat Pollux fast die doppelte Bewegung des Kastor. Aber Kastor ist ein Doppelstern und besteht aus 2 fast gleichen Sternen, von denen also jeder etwa halb so groß als Pollux und also wahrscheinlich doppelt so weit entfernt ist; daher muß denn allerdings die Bewegung des Pollux doppelt so groß erscheinen. Arkturs Bewegung beträgt seit 50 Jahren etwa 2', also in einem Jahre $2\frac{1}{2}$", und da er noch nicht ganz die Lage eines Stern hat, bei dem die parallaktische Bewegung am merklichsten ist, so kann man etwa annehmen, daß das Sonnensystem sich jährlich durch einen Bogen von 3" bewegt. Da nun bei einem Fixstern, der uns so nahe und so senkrecht zur Seite liegt, daß seine parallaktische Bewegung 3" beträgt, die jährliche Parallaxe der Erdbahn noch keine 2" ausmacht, so hat wahrscheinlich der Bogen AB, den das Sonnensystem jährlich

zurücklegt, etwa das Doppelte des Durchmessers der Erdbahn, also 80 Millionen Meilen. Wollte man daraus weitere Schlüsse machen, die Bahn des Sonnensystems als Kreis betrachten und in den Mittelpunkt desselben den Centralkörper setzen, um den die Bewegung geschieht, so würde der Umfang der ganzen Bahn auf 34 Billionen 560,000 Millionen Meilen und ihr Durchmesser auf 11 Billionen, also die Entfernung des Centralkörpers auf $5\frac{1}{2}$ Billion Meilen zu setzen sein; den ganzen Raum aber würde das Sonnensystem in 432,000 Jahren durchlaufen. Indessen sind die Beobachtungen noch nicht sicher genug, um diese Angaben für etwas mehr, als ungefähre Bestimmungen und vielleicht kaum als solche ansehen zu können.

Wir beschließen hiermit den ersten Theil dieses Werks, der größtentheils die sphärische und nur wenig aus der theorischen Astronomie enthält. Schon jetzt werden sich unsere Leser einen Begriff verschafft haben, wie es dem menschlichen Geiste möglich geworden ist, das erhabenste Werk des Schöpfers zu durchforschen und von dem Standpunkte der Erde aus die Bewegungen der Weltkörper bis in ihre kleinsten Details zu verfolgen und die Gesetze aufzufinden, welche ihnen zum Regulativ dienen. Sie werden Gelegenheit gehabt haben, den Scharfsinn des menschlichen Verstandes zu bewundern, durch den er sich in Räumen zu orientiren vermochte, wohin nie der Fuß eines Erdbewohners gelangen kann, und mehr als einmal wird ihr Gemüth zu höhern Empfindungen gegen den Urheber dieser unendlichen Wunder erhoben worden sein. Aber dennoch ist das, was wir bis jetzt ihnen haben zeigen können, das Geringste gegen das, was der folgende Theil ihnen darzustellen suchen wird, wo die Rede von den wirklichen Bahnen ist, welche die Weltkörper durchlaufen, von den Gesetzen, welchen diese Bewegungen folgen, von den Kräften, die sie hervorbringen, und von dem, was uns die Beobachtungen über die physische Beschaffenheit jener Sonnen und Planeten mit größerer oder geringerer Wahrscheinlichkeit lehren. Dann erst werden sie sich einen deutlichern Begriff von dem, was sie unter Weltall zu verstehen haben, und von der höchsten Harmonie und Weisheit, womit Alles eingerichtet ist, machen können. Dann werden sie erst ganz fühlen, was es heiße, Gott im Spiegel seiner Werke schauen, und wie Astronomie ein wahrhaft hei-

liges und religiöses Studium sei, da sie, man möchte sagen unmittelbar zu Gott führt und unsern Geist mit den edelsten und reinsten Gefühlen des Danks, der Bewunderung und der Demuth erfüllt, vom Irdischen ihn abzieht und mit reinern geistigen Genüssen ihn bekannt macht.

Ende des ersten Theils.

Literarische Anzeige.

In der Bassescheu Buchhandlung in Quedlinburg, so wie in allen Buchhandlungen Deutschlands ist noch zum Pränumerationspreise zu haben:

Cervantes sämmtliche Werke.

Aus der Ursprache neu übersetzt von L. G. Förster. 12 Bände in Taschenformat.

Inhalt.

1 — 6ter Band: Don Quixote.
7 — 9ter Band: Moralische Erzählungen.
10 — 12ter Band: Persiles und Sigismunda, das Trauerspiel Numancia und Cervantes's Biographie.

Pränumerationspreise.

Auf weißem Druckpapier: 4 Thlr.
Auf feinem französischen Druckpapier: 5 Thlr.
Auf französischem Velinpapier: 6 Thlr.

Die Kritik hat über diese neue Übersetzung des originellen spanischen Meisterwerks ein höchst günstiges Urtheil gefällt und ihr das rühmliche Zeugniß gegeben, daß keine der frühern Übersetzungen den Geist dieses Werkes überhaupt, so wie insbesondere die feine Satyre und den treffenden Witz des genialen Cervantes so richtig aufgefaßt und meisterhaft wiedergegeben habe. Die Gedichte des Originals habe der Herr Übersetzer mit ungewöhnlichem Glück (Literatur-Blatt, r vom Hofr. Müllner. Nr. 59. Seite 235.) übertragen, ohne sein Muttersprache in die spanischen Stiefeln zu zwängen. Dabei habe er gewissenhaft übersetzt, nicht mit den Weglassungen und Zusammenziehungen, wodurch Bertuch in seiner Übertragung von 1777 das Original entstellte, um es dem deutschen Lesegaumen genießbar, i. e. unpoetischer zu machen. Auch die spätern Übertragungen von Tieck und Soltau habe er unbenutzt gelassen, und das mit Recht, da namentlich in der Tieckschen die Dichter-Individualität des Übersetzers der Originaldichtung manche fremdartige Farbe gegeben habe ꝛc. Nicht minder lobenswerth sei der anständige und correcte Druck.

Bayerische Staatsbibliothek München

Tabelle

für Morgen- und Abendweite und Azimuth der Sonne, nebst der Weltgegend, wo sie auf- und untergeht, unter verschiedenen Breiten vom Aequator bis zum Polarkreise.

Es bedeutet M. w. Morgenweite, A. w. Abendweite, Az. Azimuth, W. g. Weltgegend, A. Aufgang, U. Untergang, O. Osten, W. Westen, S. Süden und N. Norden.

I. Für nördliche und südliche Breiten und nördliche Declination.

N. D. der Sonne.	Breite. 0						10						20						30					
	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.
	Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.		
0	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.
2	2	0	92	0	en O.	en W.	2	2	92	2	en O.	en W.	2	7	92	7	en O.	en W.	2	18	92	18	en O.	en W.
4	4	0	94	0	fsch und	fsch und	4	4	94	4	fsch und	fsch und	4	15	94	15	fsch und	fsch und	4	36	94	36	fsch und	fsch und
6	6	0	96	0	— O.	— W.	6	6	96	6	— O.	— W.	6	23	96	23	— O.	— W.	6	56	96	56	nn O.¼	nn W.¼
8	8	0	98	0	nn ¼N.	nn ¼N.	8	7	98	7	nn ¼N.	nn ¼N.	8	31	98	31	nn ¼N.	nn ¼N.	9	15	99	15	ono N.O.	ono N.W.
10	10	0	100	0	ono O.	ono W.	10	9	100	9	ono O.	ono W.	10	39	100	39	ono O.	ono W.	11	34	101	34	en O.¼	en W.¼
12	12	0	102	0	n O.	n W.	12	11	102	11	n O.	n W.	12	47	102	47	en O.¼	en W.¼	13	53	103	53	fsch N.O.	fsch N.W.
14	14	0	104	0	e ¼N.	e ¼N.	14	13	104	13	e ¼N.	e ¼N.	14	55	104	55	fsch N.O.	fsch N.W.	16	13	106	13	— und	— und
16	16	0	106	0	fsch O.	fsch W.	16	15	106	15	fsch O.	fsch W.	17	3	107	3	— und	— und	18	33	108	33	nn O.N.	nn W.N.
18	18	0	108	0	— und	— und	18	17	108	17	— und	— und	19	11	109	11	nn O.N.	nn W.N.	20	54	110	54	ono O.	ono W.
20	20	0	110	0	nn O.N.	nn W.N.	20	19	110	19	nn O.N.	nn W.N.	21	21	111	21	ono O.	ono W.	23	16	113	16	en O.N. O.	en W.N. W.
22	22	0	112	0	ono O.	ono W.	22	21	112	21	ono O.	ono W.	23	30	113	30	fschen O.N.O. und	fschen W.N.W. und	25	38	115	38	fsch und	fsch und
23½	23	30	113	30	O.N.O.	W.N.W.	23	52	113	52	O.N.O.	W.N.W.	25	7	115	7	inf N.O. ¼O.	inf N.W. ¼W.	27	25	117	25	af N.O. ¼O.	af N.W. ¼W.

N. D. der Sonne.	Breite. 40						50						60						66½					
	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.
	Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.		
0	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.
2	2	35	92	35	en O.	en W.	3	6	93	6	en O. und	en W. und	3	58	93	58	fschen O. und	fschen W. und	5	1	95	1	fschen O. und O.	fschen W. und W.
4	5	12	95	12	fsch und	fsch und	6	14	96	14	fsch O.¼	fsch W.¼	7	59	97	59	inf O.¼ N.O.	inf W.¼ N.W.	10	4	100	4	inf ¼N. O.	inf ¼N. W.
6	7	50	97	50	nn O.¼	nn W.¼	9	22	99	22	af N.O.	af N.W.	12	5	102	5	en O.¼ N.O.	en W.¼ N.W.	15	12	105	12	fschen O.¼N. O.	fschen W.¼N. W.
8	10	28	100	28	ono N.O.	ono N.W.	12	31	102	31	en O.¼	en W.¼	16	11	106	11	fsch und	fsch und	20	26	110	26	inf und O.N.O.	inf und W.N.W
10	13	6	103	6	en O.¼	en W.¼	15	40	105	40	fsch N.O. und	fsch N.W. und	20	19	110	19	af O.N. O.	af W.N. W.	25	49	115	49	fschen O.N.O. und	fschen W.N.W und
12	15	44	105	44	fsch N.O.	fsch N.W.	18	53	108	53	nn O.N.	nn W.N.	24	33	114	33	en O.N. O.	en W.N. W.	31	26	121	26	inf N.O. ¼O.	inf N.W. ¼W.
14	18	24	108	24	nn und O.N.	nn und W.N.	22	7	112	7	ono O.	ono W.	28	56	118	56	fsch und	fsch und	37	21	127	21	fschen N.O. ¼O.	fschen N.W. ¼W.
16	21	6	111	6	ono O.	ono W.	25	24	115	24	en O.N.O.	en W.N.W.	33	27	123	27	af N.O. ¼O.	af N.W. ¼W.	43	44	133	44	inf und N.O.	inf und N.W.
18	23	48	113	48	en O.N.	en W.N.	28	45	118	45	fsch und	fsch und	38	11	128	11	fschen N.O. ¼O.	fschen N.W. ¼W.	50	48	140	48	inf zwischen N.O. und N.O.¼N.	inf zwischen N.W. und N.W.¼N.
20	26	31	116	31	fsch O.	fsch W.	32	9	122	9	af N.O. ¼O.	af N.W. ¼W.	43	10	133	10	inf und N.O.	inf und N.W.	59	4	149	4	inf zwischen N.O.¼N. und N.N.O.	inf zwischen N.W.¼N. und N.N.W.
22	29	18	119	18	nn und N.O.	nn und N.W.	35	40	125	40	fschen N.O. ¼O.	fschen N.W. ¼W.	48	31	138	31	fschen N.O. und	fschen N.W. und	69	58	159	58	inf zwischen N.N.O. und N.¼N.O.	inf zwischen N.N.W. und N.¼N.W.
23½	31	23	121	23	ono ¼O.	ono ¼W.	38	21	128	21	inf und N.O.	inf und N.W.	52	53	142	53	inf N.O. ¼N.	inf N.W. ¼N.	90	0	180	0	N.	N.

II. Für nördliche und südliche Breiten und südliche Declination.

N. D. der Sonne.	Breite. 0						10						20						30					
	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.
	Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.		
0	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.
2	2	0	88	0	n O.	n W.	2	2	87	58	n O.	n W.	2	7	87	53	n O.	n W.	2	18	87	42	en O.	en W.
4	4	0	86	0	e und	e und	4	4	85	56	e und	e und	4	15	85	45	e und	e und	4	36	85	24	fsch und	fsch und
6	6	0	84	0	fsch O.	fsch W.	6	6	83	54	fsch O.	fsch W.	6	23	83	37	fsch O.	fsch W.	6	56	83	4	nn O.¼	nn W.¼
8	8	0	82	0	nn ¼S.	nn ¼S.	8	7	81	53	nn ¼S.	nn ¼S.	8	31	81	29	nn ¼S.	nn ¼S.	9	15	80	45	ono S.O.	ono S.W.
10	10	0	80	0	ono O.	ono W.	10	9	79	51	— O.	— W.	10	39	79	21	ono O.	ono W.	11	34	78	26	n O.¼	n W.¼
12	12	0	78	0	n O.	n W.	12	11	77	49	n O.	n W.	12	47	77	13	n O.¼	n W.¼	13	53	76	7	e S.O.	e S.W.
14	14	0	76	0	e ¼S.	e ¼S.	14	13	75	47	e ¼S.	e ¼S.	14	55	75	5	e S.O.	e S.W.	16	13	73	47	fsch und	fsch und
16	16	0	74	0	fsch O.	fsch W.	16	15	73	45	fsch O.	fsch W.	17	3	72	57	fsch und	fsch und	18	33	71	27	inf O.S.	inf W.S.
18	18	0	72	0	— und	— und	18	17	71	43	— und	— und	19	11	70	49	inf O.S.	inf W.S.	20	54	69	6	ono O.	ono W.
20	20	0	70	0	nn O.S.	nn W.S.	20	19	69	41	nn O.S.	nn W.S.	21	21	68	39	ono O.	ono W.	23	16	66	44	en O.S. O.	en W.S. W.
22	22	0	68	0	ono O.	ono W.	22	21	67	39	ono O.	ono W.	23	30	66	30	fschen O.S.O. und	fschen O.S.O. und	25	38	64	22	fsch und	fsch und
23½	23	30	66	30	O.S.O.	W.S.W.	23	52	66	8	O.S.O.	W.S.W.	25	7	64	53	inf S.O. ¼O.	inf S.O. ¼O.	27	25	62	35	af S.O. ¼O.	af S.W. ¼W.

N. D. der Sonne.	Breite. 40						50						60						66½					
	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.	M. w. und A. w.		Oest. und west. Az.		W. g. f. d. A.	W. g. f. d. U.
	Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.			Gr.	M.	Gr.	M.		
0	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.	0	0	90	0	O.	W.
2	2	35	87	25	en O.	en W.	3	6	86	54	en O. und	en W. und	3	58	86	2	fschen O. und	fschen W. und	5	1	84	59	fschen O. und O.	fschen W. und W.
4	5	12	84	48	fsch und	fsch und	6	14	83	46	fsch O.¼	fsch W.¼	7	59	82	1	inf O.¼ S.O.	inf W.¼ S.W.	10	4	79	46	inf ¼S. O.	inf ¼S. W.
6	7	50	82	10	nn O.¼	nn W.¼	9	22	80	38	af S.O.	af S.W.	12	5	77	55	en O.¼ S.O.	en W.¼ S.W.	15	12	74	48	fschen O.¼ S.O.	fschen W.¼ S.W.
8	10	28	79	32	ono S.O.	ono S.W.	12	31	77	29	en O.¼	en W.¼	16	11	73	49	fsch und	fsch und	20	26	69	34	inf und O.S.O.	inf und W.S.W.
10	13	6	76	54	en O.¼	en W.¼	15	40	74	20	fsch S.O. und	fsch S.W. und	20	19	69	41	af O.S. O.	af W.S. W.	25	49	64	11	fschen O.S.O. und	fschen W.S.W. und
12	15	44	74	16	fsch S.O.	fsch S.W.	18	53	71	7	nn O.S.	nn W.S.	24	33	65	27	en O.S. O.	en W.S. W.	31	26	58	34	inf S.O. ¼O.	inf S.W. ¼W.
14	18	24	71	36	nn und O.S.	nn und W.S.	22	7	67	53	ono O.	ono W.	28	56	61	4	fsch und	fsch und	37	21	52	39	fschen S.O. ¼O.	fschen S.W. ¼W.
16	21	6	68	54	ono O.	ono W.	25	24	64	36	en O.S.O.	en W.S.W.	33	27	56	33	af S.O. ¼O.	af S.W. ¼W.	43	44	46	16	inf und S.O.	inf und S.W.
18	23	48	66	12	en O.S.	en W.S.	28	45	61	15	fsch und	fsch und	38	11	51	49	fschen S.O. ¼O.	fschen S.W. ¼W.	50	48	39	12	inf zwischen S.O. und S.O.¼S.	inf zwischen S.W. und S.W.¼S.
20	26	31	63	29	fsch O.	fsch W.	32	9	57	51	af S.O. ¼O.	af S.W. ¼W.	43	10	46	50	inf und S.O.	inf und S.W.	59	4	30	56	inf zwischen S.O.¼S. und S.S.O.	inf zwischen S.W.¼S. und S.S.W.
22	29	18	60	42	nn und S.O.	nn und S.W.	35	40	54	20	fschen S.O. ¼O.	fschen S.W. ¼W.	48	31	41	29	fschen S.O. und	fschen S.W. und	69	58	20	2	inf zwischen S.S.O. und S.¼S.O.	inf zwischen S.S.W. und S.¼S.O.
23½	31	23	58	37	ono ¼O.	ono ¼W.	38	21	51	39	inf und S.O.	inf und S.W.	52	53	37	7	inf S.O. ¼S.	inf S.W. ¼S.	90	0	0	0	S.	S.

| | | |

Tabelle

für mittlere Sonnenzeit im wahren Mittage und Sternzeit im mittlern Mittage für das Jahr 1831 und für den Meridian unter 31° 3′ 9″ Länge.

Monate.	Januar.						Februar.					
	Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.			Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.		
Tage	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.
1	0	3	40,56	18	41	24,58	0	13	52,26	20	43	37,83
2		4	8,87		45	21,14		14	0,04		47	34,38
3		4	36,85		49	17,20		14	7,02		51	30,94
4		5	4,48		53	14,26		14	13,20		55	27,49
5		5	31,72		57	10,81		14	18,59		59	24,04
6	0	5	58,54	19	1	7,37	0	14	23,18	21	3	20,60
7		6	24,91		5	3,93		14	26,98		7	17,15
8		6	50,81		9	0,49		14	29,97		11	13,70
9		7	16,22		12	57,05		14	32,18		15	10,26
10		7	41,10		16	53,60		14	33,60		19	6,81
11	0	8	5,43	19	20	50,16	0	14	34,25	21	23	3,37
12		8	29,18		24	46,71		14	34,13		26	59,93
13		8	52,33		28	43,27		14	33,25		30	56,48
14		9	14,85		32	39,82		14	31,61		34	53,03
15		9	36,70		36	36,37		14	29,21		38	49,58
16	0	9	57,88	19	40	32,94	0	14	26,06	21	42	46,14
17		10	18,36		44	29,50		14	22,18		46	42,69
18		10	38,12		48	26,05		14	17,58		50	39,25
19		10	57,13		52	22,61		14	12,26		54	35,80
20		11	15,39		56	19,16		14	6,24		58	32,35
21	0	11	32,89	20	0	15,72	0	13	59,53	22	2	28,90
22		11	49,60		4	12,27		13	52,15		6	25,46
23		12	5,51		8	8,82		13	44,12		10	22,01
24		12	20,62		12	5,38		13	35,46		14	18,56
25		12	34,91		16	1,94		13	26,19		18	15,11
26	0	12	48,40	20	19	58,50	0	13	16,32	22	22	11,67
27		13	1,08		23	55,06		13	5,88		26	8,22
28		13	12,95		27	51,61		12	54,90		30	4,77
29		13	24,00		31	48,17						
30		13	34,24		35	44,72						
31		13	43,66		39	41,28						

Monate.	März.						April.					
	Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.			Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.		
Tage	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.
1	0	12	43,38	22	34	1,32	0	4	7,97	0	36	14,44
2		12	31,35		37	57,88		3	49,66		40	10,99
3		12	18,83		41	54,43		3	31,49		44	7,54
4		12	5,85		45	50,98		3	13,47		48	4,09
5		11	52,43		49	47,53		2	55,63		52	0,65
6	0	11	38,57	22	53	44,09	0	2	37,97	0	55	57,20
7		11	24,29		57	40,64		2	20,52		59	53,75
8		11	9,63	23	1	37,19		2	3,29	1	3	50,30
9		10	54,60		5	33,74		1	46,30		7	46,86
10		10	39,22		9	30,30		1	29,57		11	43,41
11	0	10	23,51	23	13	26,85	0	1	13,09	1	15	39,97
12		10	7,49		17	23,40		0	56,89		19	36,52
13		9	51,16		21	19,95		0	41,01		23	33,07
14		9	34,54		25	16,51		0	25,44		27	29,62
15		9	17,65		29	13,06		0	10,17		31	26,18
16	0	9	0,51	23	33	9,62	23	59	55,23	1	35	22,73
17		8	43,13		37	6,17		59	40,66		39	19,28
18		8	25,54		41	2,72		59	26,45		43	15,83
19		8	7,75		44	59,27		59	12,59		47	12,39
20		7	49,78		48	55,82		58	59,12		51	8,94
21	0	7	31,65	23	52	52,37	23	58	46,05	1	55	5,50
22		7	13,39		56	48,92		58	33,42		59	2,05
23		6	55,01	0	0	45,47		58	21,20	2	2	58,60
24		6	36,53		4	42,02		58	9,43		6	55,15
25		6	17,97		8	38,57		57	58,11		10	51,71
26	0	5	59,36	0	12	35,13	23	57	47,27	2	14	48,26
27		5	40,72		16	31,68		57	36,92		18	44,81
28		5	22,08		20	28,23		57	27,08		22	41,36
29		5	3,47		24	24,78		57	17,74		26	37,92
30		4	44,90		28	21,33		57	8,93		30	34,47
31		4	26,39		32	17,88						

Monate.	Mai.						Juni.					
	Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.			Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.		
Tage	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.
1	23	57	0,65	2	34	31,03	23	57	21,07	4	36	44,24
2		56	52,91		38	27,58		57	29,91		40	40,80
3		56	45,75		42	24,14		57	39,17		44	37,36
4		56	39,15		46	20,69		57	48,83		48	33,92
5		56	33,12		50	17,25		57	58,87		52	30,47
6	23	56	27,67	2	54	13,80	23	58	9,26	4	56	27,03
7		56	22,79		58	10,36		58	19,98	5	0	23,59
8		56	18,50	3	2	6,91		58	31,03		4	20,15
9		56	14,79		6	3,47		58	42,37		8	16,70
10		56	11,67		10	0,02		58	53,99		12	13,26
11	23	56	9,13	3	13	56,58	23	59	5,85	5	16	9,81
12		56	7,16		17	53,13		59	17,93		20	6,37
13		56	5,77		21	49,69		59	30,20		24	2,93
14		56	4,94		25	46,24		59	42,65		27	59,49
15		56	4,68		29	42,80		59	55,25		31	56,04
16	23	56	4,97	3	33	39,36	0	0	7,95	5	35	52,60
17		56	5,81		37	35,92		0	20,74		39	49,16
18		56	7,20		41	32,47		0	33,60		43	45,72
19		56	9,15		45	29,03		0	46,51		47	42,27
20		56	11,64		49	25,58		0	59,44		51	38,82
21	23	56	14,65	3	53	22,14	0	1	12,37	5	55	35,38
22		56	18,19		57	18,69		1	25,28		59	31,94
23		56	22,25	4	1	15,25		1	38,15	6	3	28,50
24		56	26,82		5	11,70		1	50,95		7	25,06
25		56	31,90		9	8,36		2	3,67		11	21,61
26	23	56	37,49	4	13	4,91	0	2	16,30	6	15	18,17
27		56	43,57		17	1,47		2	28,81		19	14,73
28		56	50,13		20	58,02		2	41,18		23	11,29
29		56	57,18		24	54,58		2	53,39		27	7,84
30		57	4,69		28	51,13		3	5,44		31	4,40
31		57	12,66		32	47,69						

Monate.	Juli.						August.					
	Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.			Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.		
Tage	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.
1	0	3	17,28	6	35	0,95	0	6	1,30	8	37	14,20
2		3	28,89		38	57,51		5	57,92		41	10,75
3		3	40,26		42	54,07		5	53,95		45	7,31
4		4	51,39		46	50,63		5	49,40		49	3,87
5		4	2,23		50	47,18		5	44,27		53	0,43
6	0	4	12,76	6	54	43,74	0	5	38,55	8	56	56,98
7		4	22,96		58	40,30		5	32,23	9	0	53,54
8		4	32,83	7	2	36,86		5	25,33		4	50,09
9		4	42,33		6	33,41		5	17,85		8	46,65
10		4	51,42		10	29,97		5	9,78		12	43,20
11	0	5	0,08	7	14	26,52	0	5	1,13	9	16	39,76
12		5	8,31		18	23,08		4	51,90		20	36,31
13		5	16,09		22	19,63		4	42,10		24	32,86
14		5	23,38		26	16,19		4	31,74		28	29,41
15		5	30,19		30	12,75		4	20,81		32	25,97
16	0	5	36,50	7	34	9,31	0	4	9,32	9	36	22,52
17		5	42,29		38	5,86		3	57,30		40	19,08
18		5	47,54		42	2,42		3	44,75		44	15,63
19		5	52,25		45	58,97		3	31,68		48	12,19
20		5	56,41		49	55,53		3	18,10		52	8,74
21	0	6	0,00	7	53	52,08	0	3	4,03	9	56	5,29
22		6	3,01		57	48,64		2	49,49	10	0	1,84
23		6	5,45	8	1	45,19		2	34,48		3	58,40
24		6	7,31		5	41,75		2	19,03		7	54,95
25		6	8,60		9	38,31		2	3,17		11	51,50
26	0	6	9,30	8	13	34,87	0	1	46,91	10	15	48,05
27		6	9,43		17	31,42		1	30,24		19	44,61
28		6	8,98		21	27,98		1	13,20		23	41,16
29		6	7,94		25	24,53		0	55,81		27	37,72
30		6	6,31		29	21,09		0	38,08		31	34,27
31		6	4,09		33	17,64		0	20,04		35	30,82

Monate.	September.						October.					
	Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.			Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.		
Tage	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.
1	0	0	1,69	10	39	27,37	23	49	51,46	0	37	43,94
2	23	59	43,05		43	23,93		49	32,44		41	40,49
3		59	24,13		47	20,48		49	13,74		45	37,04
4		59	4,97		51	17,03		48	55,37		49	33,60
5		58	45,56		55	13,58		48	37,34		53	30,15
6	23	58	25,90	10	59	10,14	23	48	19,68	0	57	26,70
7		58	6,03	23	3	6,69		48	2,40	13	1	23,25
8		57	45,96		7	3,24		47	45,51		5	19,80
9		57	25,71		10	59,79		47	29,03		9	16,35
10		57	5,28		14	56,35		47	12,97		13	12,91
11	23	56	44,70	23	18	52,90	23	46	57,35	13	17	9,46
12		56	23,98		22	49,45		46	42,21		21	6,01
13		56	3,13		26	46,00		46	27,55		25	2,56
14		55	42,17		30	42,56		46	13,38		28	59,12
15		55	21,13		34	39,11		45	59,72		32	55,67
16	23	55	0,03	23	38	35,66	23	45	46,60	13	36	52,22
17		54	38,89		42	32,21		45	34,03		40	48,77
18		54	17,74		46	28,86		45	22,03		44	45,33
19		53	56,59		50	25,31		45	10,63		48	41,88
20		53	35,46		54	21,87		44	59,85		52	38,43
21	23	53	14,38	23	58	18,42	23	44	49,70	13	56	34,98
22		52	53,37	0	2	14,97		44	40,21	14	0	31,54
23		52	32,46		6	11,52		44	31,39		4	28,09
24		52	11,67		10	8,08		44	23,27		8	24,65
25		51	51,03		14	4,63		44	15,85		12	21,20
26	23	51	30,55	0	18	1,18	23	44	9,16	14	16	17,75
27		51	10,27		21	57,73		44	3,20		20	14,30
28		50	50,20		25	54,28		43	58,00		24	10,86
29		50	30,36		29	50,83		43	53,56		28	7,41
30		50	10,77		33	47,39		43	49,90		32	3,97
31								43	47,03		36	0,52

Monate.	November.						December.					
	Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.			Mittl. Sonnenzeit.			Sternzeit.		
Tage	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.	u.	M.	S.
1	23	43	44,97	14	39	57,07	23	49	4,25	16	38	13,75
2		43	43,71		43	53,62		49	26,99		42	10,30
3		43	43,26		47	50,18		49	50,37		46	6,86
4		43	43,63		51	46,73		50	14,35		50	3,42
5		43	44,82		55	43,29		50	38,92		53	59,98
6	23	43	46,84	14	59	39,84	23	51	4,04	16	57	56,53
7		43	49,68	15	3	36,40		51	29,71	17	1	53,09
8		43	53,34		7	32,95		51	55,87		5	49,64
9		43	57,85		11	29,51		52	22,49		9	46,20
10		44	3,19		15	26,06		52	49,55		13	42,76
11	23	44	9,35	15	19	22,62	23	53	17,02	17	17	39,32
12		44	16,35		23	19,17		53	44,86		21	35,87
13		44	24,18		27	15,73		54	13,04		25	32,43
14		44	32,84		31	12,28		54	41,54		29	28,99
15		44	42,33		35	8,84		55	10,32		33	25,55
16	23	44	52,65	15	39	5,39	23	55	39,36	17	37	22,10
17		45	3,81	16	43	1,95		56	8,62		41	18,66
18		45	15,80		46	58,50		56	38,07		45	15,21
19		45	28,60		50	55,06		57	7,69		49	11,77
20		45	42,23		54	51,62		57	37,44		53	8,33
21	23	45	56,68	16	58	48,18	23	58	7,30	17	57	4,89
22		46	11,95		2	44,73		58	37,24	18	1	1,44
23		46	28,01		6	41,29		59	7,22		4	58,00
24		46	44,87		10	37,85		59	37,20		8	54,56
25		47	2,54		14	34,41	0	0	7,16		12	51,12
26	23	47	20,98	16	18	30,96	0	0	37,07	18	16	47,67
27		47	40,18		22	27,52		1	6,89		20	44,23
28		48	0,12		26	24,07		1	36,59		24	40,78
29		48	20,79		30	20,63		2	6,13		28	37,34
30		48	42,17		34	17,19		2	38,47		32	33,90
31								3	4,59		36	30,46

Tabelle

für den Sonnenlauf im Jahre 1831 unter dem Berliner Meridian von 31° 3′ 9″ Länge. Die Länge der Sonne ist für den mittlern Berliner Mittag; Gerade Aufsteigung und Declination für den wahren Berliner Mittag angegeben.

Januar.

Tage.	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	280	21	58,7	18	45	5,75	—23	3	14,3
2	281	23	7,6		49	30,69	—22	58	14,8
3	282	24	16,7		53	55,31		52	47,8
4	283	25	25,9		58	19,57		46	53,4
5	284	26	35,3	19	2	43,43		40	31,9
6	285	27	44,7	19	7	6,88	—22	33	43,4
7	286	28	54,2		11	29,88		26	28,2
8	287	30	3,7		15	52,41		18	46,4
9	288	31	13,2		20	14,44		10	38,2
10	289	32	22,6		24	35,95		2	4,0
11	290	33	31,8	19	28	56,90	—21	53	4,0
12	291	34	40,8		33	17,27		43	38,4
13	292	35	49,4		37	37,04		33	47,5
14	293	36	57,6		41	56,18		23	31,6
15	294	38	5,3		46	14,66		12	51,0
16	295	39	12,3	19	50	32,45	—21	1	46,0
17	296	40	18,5		54	49,54	—20	50	17,0
18	297	41	23,9		59	5,91		38	24,2
19	298	42	28,4	20	3	21,53		26	8,0
20	299	43	32,0		7	36,39		13	28,7
21	300	44	34,7	20	11	50,49	—20	0	26,7
22	301	45	36,4		16	3,81	—19	47	2,3
23	302	46	36,9		20	16,32		33	16,0
24	303	47	36,3		24	28,03		19	8,0
25	304	48	34,7		28	38,93		4	38,7
26	305	49	32,0	20	32	49,01	—18	49	48,5
27	306	50	28,2		36	58,28		34	37,8
28	307	51	23,4		41	6,73		19	6,9
29	308	52	17,7		45	14,37		3	16,2
30	309	53	11,0		49	21,19	—17	47	6,2
31	310	54	3,3		53	27,19		30	37,2

Februar.

Tage.	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	311	54	54,7	20	57	32,37	—17	13	49,5
2	312	55	45,2	21	1	36,74	—16	56	43,7
3	313	56	34,7		5	40,29		39	20,0
4	314	57	23,3		9	43,04		21	39,0
5	315	58	10,9		13	44,99		3	40,9
6	316	58	57,6	21	17	46,14	—15	45	26,2
7	317	59	43,3		21	46,50		26	55,4
8	319	0	27,8		25	46,06		8	8,8
9	320	1	11,2		29	44,82	—14	49	6,9
10	321	1	53,3		33	42,80		29	50,0
11	322	2	34,2	21	37	40,01		10	18,7
12	323	3	13,7		41	36,45	—13	50	33,3
13	324	3	51,8		45	32,12		30	34,3
14	325	4	28,3		49	27,02		10	22,1
15	326	5	3,2		53	21,17	—12	49	57,1
16	327	5	36,4	21	57	14,57		29	19,8
17	328	6	7,8	22	1	7,23		8	30,6
18	329	6	37,4		4	59,17	—11	47	29,9
19	330	7	5,1		8	50,39		26	18,1
20	331	7	30,9		12	40,90		4	55,7
21	332	7	54,8	22	16	30,73	—10	43	23,1
22	333	8	16,9		20	19,89		21	40,6
23	334	8	37,0		24	8,39	— 9	59	48,6
24	335	8	55,1		27	56,26		37	47,7
25	336	9	11,4		31	43,51		15	38,1
26	337	9	25,9	22	35	30,17	— 8	53	20,3
27	338	9	38,6		39	16,26		30	54,6
28	339	9	49,6		43	1,80		8	21,4
29									
30									
31									

März.

Tage.	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	340	9	58,8	22	46	46,80	— 7	45	41,1
2	341	10	6,4		50	31,29		22	54,1
3	342	10	12,3		54	15,29		0	0,8
4	343	10	16,6		57	58,82	— 6	37	1,5
5	344	10	19,2	23	1	41,91		13	56,7
6	345	10	20,3		5	24,57	— 5	50	46,6
7	346	10	19,7		9	6,81		27	31,7
8	347	10	17,5		12	48,66		4	12,5
9	348	10	13,5		16	30,14	— 4	40	49,2
10	349	10	7,8		20	11,27		17	22,2
11	350	10	0,4	23	23	52,07	— 3	53	52,0
12	351	9	51,1		27	32,55		30	18,9
13	352	9	39,9		31	12,73		6	43,3
14	353	9	26,7		34	52,62	— 2	43	5,6
15	354	9	11,5		38	32,24		19	26,3
16	355	8	54,1	23	42	11,60	— 1	55	45,7
17	356	8	34,6		45	50,73		32	4,1
18	357	8	13,0		49	29,64		8	22,0
19	358	7	49,1		53	8,35	— 0	44	39,7
20	359	7	22,8		56	46,88		20	57,6
21	0	6	54,3	0	0	25,25	+ 0	2	43,9
22	1	6	23,5		4	3,49		26	24,5
23	2	5	50,5		7	41,61		50	3,7
24	3	5	15,1		11	19,63	+ 1	13	41,3
25	4	4	37,4		14	57,57		37	16,9
26	5	3	57,6	0	18	35,47	+ 2	0	50,2
27	6	3	15,6		22	30,34		24	20,9
28	7	2	31,5		25	51,20		47	48,5
29	8	1	45,4		29	29,09	+ 3	11	12,7
30	9	0	57,3		33	7,02		34	33,3
31	10	0	7,2		36	45,01		57	49,8

April.

Tage.	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	10	59	15,2	0	40	23,09	+ 4	21	2,0
2	11	58	21,3		44	1,29		44	9,6
3	12	57	25,6		47	39,61	+ 5	7	12,1
4	13	56	28,2		51	18,09		30	9,3
5	14	55	29,1		54	56,75		53	0,8
6	15	54	28,2	0	58	35,60	+ 6	15	46,3
7	16	53	25,5	1	2	14,65		38	25,4
8	17	52	21,0		5	53,93	+ 7	0	57,8
9	18	51	14,6		9	33,45		23	23,2
10	19	50	6,4		13	13,23		45	41,2
11	20	48	56,2	1	16	53,26	+ 8	7	51,4
12	21	47	44,0		20	33,57		29	53,4
13	22	46	29,9		24	14,19		51	47,0
14	23	45	13,8		27	55,13	+ 9	13	31,7
15	24	43	55,5		31	36,37		35	7,3
16	25	42	35,1	1	35	17,95		56	33,3
17	26	41	12,7		38	59,89	+10	17	49,5
18	27	39	48,1		42	42,19		38	55,5
19	28	38	21,2		46	24,85		59	51,0
20	29	36	52,1		50	7,90	+11	20	35,4
21	30	35	21,0	1	53	51,36		41	8,7
22	31	33	47,7		57	35,24	+12	1	30,4
23	32	32	12,2	2	1	19,54		21	40,2
24	33	30	34,7		5	4,28		41	37,8
25	34	28	55,3		8	49,49	+13	1	23,0
26	35	27	14,1	2	12	35,17		20	55,3
27	36	25	30,9		16	21,34		40	14,4
28	37	23	46,0		20	8,02		59	20,1
29	38	21	59,4		23	55,21	+14	18	12,0
30	39	20	11,1		27	42,93		36	49,9
31									

Mai.

Tage.	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	40	18	21,2	2	31	31,18	+14	55	13,4
2	41	16	29,8		35	19,98	+15	13	22,3
3	42	14	37,0		39	9,35		31	16,2
4	43	12	42,8		42	59,29		48	54,8
5	44	10	47,2		46	49,80	+16	6	17,8
6	45	8	50,1	2	50	40,89		23	25,0
7	46	6	51,7		54	32,56		40	16,0
8	47	4	51,9		58	24,81		56	40,4
9	48	2	50,7	3	2	17,65	+17	13	8,0
10	49	0	48,0		6	11,07		29	8,5
11	49	58	43,9	3	10	5,07		44	51,5
12	50	56	38,3		13	59,65	+18	0	16,8
13	51	54	31,1		17	54,80		15	24,0
14	52	52	22,4		21	50,53		30	12,9
15	53	50	12,1		25	46,83		44	43,1
16	54	48	0,1	3	29	43,68		58	54,3
17	55	45	46,5		33	41,08	+19	12	46,3
18	56	43	31,3		37	39,03		26	18,7
19	57	41	14,5		41	37,54		39	31,4
20	58	38	56,1		45	36,59		52	24,1
21	59	36	36,1	3	49	36,17	+20	4	56,4
22	60	34	14,6		53	36,27		17	8,1
23	61	31	51,7		57	36,89		28	59,0
24	62	29	27,4	4	1	38,03		40	28,9
25	63	27	1,7		5	39,68		51	37,5
26	64	24	34,8	4	9	41,84	+21	2	24,6
27	65	22	6,7		13	44,49		12	49,9
28	66	19	37,6		17	47,62		22	53,3
29	67	17	7,5		21	51,24		32	34,6
30	68	14	36,5		25	55,33		41	53,7
31	69	12	4,6		29	59,87		50	50,2

Juni.

Tage.	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	70	9	32,0	4	34	4,86	+21	59	24,0
2	71	6	58,6		38	10,29	+22	7	35,0
3	72	4	24,6		42	16,13		15	22,9
4	73	1	49,9		46	22,38		22	47,5
5	73	59	14,6		50	29,00		29	48,8
6	74	56	38,7	4	54	35,98	+22	36	26,5
7	75	54	2,2		58	43,30		42	40,5
8	76	51	24,9	5	2	50,93		48	30,7
9	77	48	47,0		6	58,86		53	57,0
10	78	46	8,4		11	7,06		58	59,1
11	79	43	29,1	5	15	15,51	+23	7	37,0
12	80	40	49,1		19	24,18		7	50,6
13	81	38	8,3		23	33,05		11	39,8
14	82	35	26,8		27	42,09		15	4,5
15	83	32	44,5		31	51,27		18	4,6
16	84	30	1,4	5	36	0,56	+23	20	40,1
17	85	27	17,4		40	9,95		22	50,8
18	86	24	32,7		44	19,40		24	36,7
19	87	21	47,2		48	28,90		25	57,9
20	88	19	1,1		52	38,42		26	54,3
21	89	16	14,3	5	56	47,94	+23	27	25,8
22	90	13	27,0	6	0	57,45		27	32,5
23	91	10	39,2		5	6,91		27	14,4
24	92	7	51,0		9	16,30		26	31,5
25	93	5	2,5		13	25,62		25	23,8
26	94	2	13,8	6	17	34,84	+23	23	51,3
27	94	59	25,0		21	43,95		21	54,2
28	95	56	36,2		25	52,91		19	32,4
29	96	53	47,4		30	1,71		16	46,1
30	97	50	58,7		34	10,34		13	35,3
31									

Fortsetzung.

Juli.

Tage	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	89	48	10,2	6	38	18,77	+23	10	0,0
2	99	45	21,8		42	26,97		6	0,4
3	100	42	33,7		46	34,93		1	36,6
4	101	39	45,9		50	42,64	+22	56	48,7
5	102	36	58,4		54	50,07		51	36,8
6	103	34	11,2	6	58	57,18	+22	46	1,0
7	104	31	24,3	7	3	3,97		40	1,5
8	105	28	37,8		7	10,42		33	38,3
9	106	25	51,5		11	16,50		26	51,7
10	107	23	5,5		15	22,16		19	41,9
11	108	20	19,6	7	19	27,41	+22	12	9,0
12	109	17	33,9		23	32,23		4	13,1
13	110	14	48,4		27	36,58	+21	55	54,4
14	111	12	3,0		31	40,46		47	13,2
15	112	9	17,8		35	43,84		38	9,7
16	113	6	32,8	7	39	46,72	+21	28	44,0
17	114	3	48,0		43	49,08		18	56,4
18	115	1	3,4		47	50,90		8	47,1
19	115	58	19,0		51	52,18	+20	58	16,4
20	116	55	34,9		55	52,90		47	24,3
21	117	52	51,1	7	59	53,06	+20	36	11,2
22	118	50	7,7	8	3	52,63		24	37,4
23	119	47	24,8		7	51,63		12	43,1
24	120	44	42,6		11	50,06		0	28,5
25	121	42	1,0		15	47,91	+19	47	53,8
26	122	39	20,1	8	19	45,18	+19	34	59,3
27	123	36	40,1		23	41,86		21	45,3
28	124	34	1,0		27	37,96		8	12,0
29	125	31	23,0		31	33,47	+18	54	19,7
30	126	28	46,0		35	28,39		40	8,7
31	127	26	10,1		39	22,72		25	39,3

August.

Tage	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	128	23	35,5	8	43	16,48	+18	10	51,6
2	129	21	2,0		47	9,65	+17	55	46,0
3	130	18	29,7		51	2,23		40	22,8
4	131	15	58,7		54	54,22		24	42,3
5	132	13	28,9		58	45,63		8	44,8
6	133	11	0,3	9	2	36,45	+16	52	30,5
7	134	8	32,8		6	26,67		35	59,8
8	135	6	6,5		10	16,31		19	13,0
9	136	3	41,3		14	5,36		2	10,4
10	137	1	17,3		17	53,83	+15	44	52,4
11	137	58	54,3	9	21	41,71		27	19,2
12	138	56	32,3		25	29,01		9	31,1
13	139	54	11,3		29	15,73	+14	51	28,5
14	140	51	51,4		33	1,89		33	11,7
15	141	49	32,5		36	47,48		14	41,1
16	142	47	14,6	9	40	32,52	+13	55	56,9
17	143	44	57,9		44	17,02		36	59,4
18	144	42	42,3		48	0,99		17	48,9
19	145	40	27,9		51	44,44	+12	58	25,9
20	146	38	14,6		55	27,38		38	50,5
21	147	36	2,5	9	59	9,82		19	3,1
22	148	33	51,8	10	2	51,79	+11	59	4,1
23	149	31	42,5		6	33,30		38	53,7
24	150	29	34,7		10	14,36		18	32,2
25	151	27	28,7		13	55,01	+10	57	59,9
26	152	25	24,3	10	17	35,25		37	17,2
27	153	23	21,6		21	15,09		16	24,3
28	154	21	20,6		24	54,56	+ 9	55	21,6
29	155	19	21,5		28	33,67		34	9,3
30	156	17	24,4		32	12,45		12	47,7
31	157	15	29,2		35	50,91	+ 8	51	17,2

September.

Tage	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	158	13	35,9	10	39	29,06	+ 8	29	33,1
2	159	11	44,5		43	6,92		7	50,8
3	160	9	55,1		46	44,51	+ 7	45	55,5
4	161	8	7,6		50	21,84		23	52,5
5	162	6	22,0		53	58,93		1	42,3
6	163	4	38,2	10	57	35,77	+ 6	39	25,2
7	164	2	56,2	11	1	12,40		17	1,5
8	165	1	16,0		4	48,83	+ 5	54	31,5
9	165	59	37,5		8	25,07		31	55,6
10	166	58	0,8		12	1,14		9	14,1
11	167	56	25,7	11	15	37,06	+ 4	46	27,4
12	168	54	52,2		19	12,83		23	35,8
13	169	53	20,3		22	48,48		0	39,7
14	170	51	50,0		26	24,02	+ 3	37	39,4
15	171	50	21,4		29	59,48		14	35,3
16	172	48	54,5	11	33	34,88	+ 2	51	27,6
17	173	47	29,2		37	10,23		28	16,7
18	174	46	5,6		40	45,57		5	3,0
19	175	44	43,8		44	20,91	+ 1	41	46,7
20	176	43	23,8		47	56,28		18	28,2
21	177	42	5,8	11	51	31,69	+ 0	55	7,8
22	178	40	49,7		55	7,18		31	45,8
23	179	39	35,6		58	42,76		8	22,5
24	180	38	23,6	12	2	18,47	— 0	15	1,7
25	181	87	13,8		5	54,32		38	26,5
26	182	36	6,1	12	9	30,34	— 1	1	51,5
27	183	35	0,7		13	6,55		25	16,5
28	184	33	57,5		16	42,97		48	41,1
29	185	32	56,7		20	19,63	— 2	12	5,0
30	186	31	58,2		23	56,55		35	27,9
31									

October.

Tage	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	187	31	2,0	12	27	33,74	— 2	58	49,4
2	188	30	8,0		31	11,22	— 3	22	9,0
3	189	29	16,3		34	49,02		45	26,5
4	190	28	26,8		38	27,15	— 4	8	41,5
5	191	27	39,4		42	5,63		31	53,7
6	192	26	54,2	12	45	44,47		55	2,6
7	193	26	11,1		49	23,69	— 5	18	7,8
8	194	25	29,9		53	3,30		41	9,0
9	195	24	50,6		56	43,33	— 6	4	5,8
10	196	24	13,2	13	0	23,78		26	57,7
11	197	23	37,6	13	4	4,67		49	44,5
12	198	22	3,9		7	46,04	— 7	12	25,7
13	199	22	32,0		11	27,89		35	1,0
14	200	22	1,8		15	10,23		57	29,9
15	201	21	33,4		18	53,09	— 8	19	52,1
16	202	21	6,7	13	22	36,48		42	7,2
17	203	20	41,9		26	20,43	— 9	4	14,7
18	204	20	18,9		30	4,96		26	14,4
19	205	19	57,8		33	50,08		48	5,8
20	206	19	38,6		37	35,82	—10	9	48,7
21	207	19	21,3	13	41	22,19		31	22,6
22	208	19	6,1		45	9,23		52	47,1
23	209	18	52,9		48	56,94	—11	14	1,9
24	210	18	41,8		52	45,35		35	6,6
25	211	18	32,8		56	34,46		56	0,7
26	212	18	26,0	14	0	24,29	—12	16	44,0
27	213	18	21,3		4	14,87		37	16,0
28	214	18	18,8		8	6,21		57	36,3
29	215	18	18,5		11	58,32	—13	17	44,6
30	216	18	20,3		15	51,21		37	40,4
31	217	18	24,2		19	41,89		57	23,3

November.

Tage	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	218	18	30,3	14	23	39,37	—14	16	53,0
2	219	18	38,4		27	34,66		36	9,0
3	220	18	48,4		31	30,77		55	10,8
4	221	19	0,4		35	27,69	—15	53	58,0
5	222	19	14,2		39	25,44		32	30,3
6	223	19	29,8	14	43	24,02	—15	50	47,2
7	224	19	47,0		47	23,42	—16	8	48,3
8	225	20	5,9		51	23,65		26	33,2
9	226	20	26,3		55	24,72		44	1,3
10	227	20	48,3		59	26,63		1	12,4
11	228	21	11,7	15	3	29,37	—17	18	6,0
12	229	21	36,5		7	32,94		34	41,7
13	230	22	2,7		11	37,35		50	59,1
14	231	22	30,2		15	42,59	—18	6	57,7
15	232	22	59,0		19	48,66		22	37,2
16	233	23	29,2	15	23	55,57	—18	37	57,3
17	234	24	0,8		28	3,32		52	57,5
18	235	24	33,8		32	11,89	—19	7	37,4
19	336	25	8,2		36	21,29		21	56,7
20	237	25	44,1		40	31,51		35	55,1
21	238	26	21,5	15	44	42,56	—19	49	32,1
22	239	27	0,3		48	54,42	—20	2	47,4
23	240	27	40,6		53	7,08		15	40,7
24	241	28	22,5		57	20,55		28	11,6
25	242	29	6,1	16	1	34,82		40	19,8
26	243	29	51,2	16	5	49,87	—20	52	5,0
27	244	30	37,8		10	5,68	—21	3	26,8
28	245	31	25,9		14	22,23		14	24,8
29	246	32	15,4		18	39,51		24	58,8
30	247	33	6,4		22	57,51		35	8,4
31									

December.

Tage	Länge. Gr.	M.	S.	Ger. Aufsteig. St.	M.	S.	Declinat. Gr.	M.	S.
1	248	33	58,8	16	27	16,20	—21	44	53,5
2	249	34	52,6		31	35,56		54	13,6
3	250	35	47,5		35	55,56	—22	3	8,4
4	251	36	43,5		40	16,17		11	37,7
5	252	37	40,5		44	37,36		19	41,2
6	253	38	38,4		48	59,11	—22	27	18,6
7	254	39	37,2		53	21,40		34	29,7
8	255	40	36,8		57	44,19		41	14,3
9	256	41	37,1	17	2	7,44		47	32,1
10	257	42	38,0		6	31,13		53	22,9
11	258	43	39,5		10	55,23	—22	58	46,6
12	259	44	41,5		15	19,70	—23	3	42,9
13	260	45	44,0		19	44,52		8	11,7
14	261	46	47,0		24	9,66		12	12,8
15	262	47	50,4		28	35,08		15	46,1
16	263	48	54,3		33	0,75	—23	18	51,5
17	264	49	58,6		37	26,64		21	28,9
18	265	51	3,3		41	52,73		23	38,2
19	266	52	8,6		46	18,99		25	19,3
20	267	53	14,4		50	45,38		26	32,2
21	268	54	20,7		55	11,00	—23	27	16,8
22	269	55	27,6		59	38,45		27	33,1
23	270	56	35,0	18	4	5,07		27	21,1
24	271	57	43,0		8	31,69		26	40,8
25	272	58	51,5		12	58,29		25	32,2
26	274	0	0,5		17	24,83	—23	23	55,4
27	275	1	10,0		21	51,29		21	50,3
28	276	2	20,0		26	17,63		19	17,1
29	277	3	30,4		30	43,81		16	15,7
30	278	4	41,2		35	9,80		12	46,3
31	279	5	52,3		39	35,57		8	48,9

Für den Sonntag, im Jahre 1831 unter den

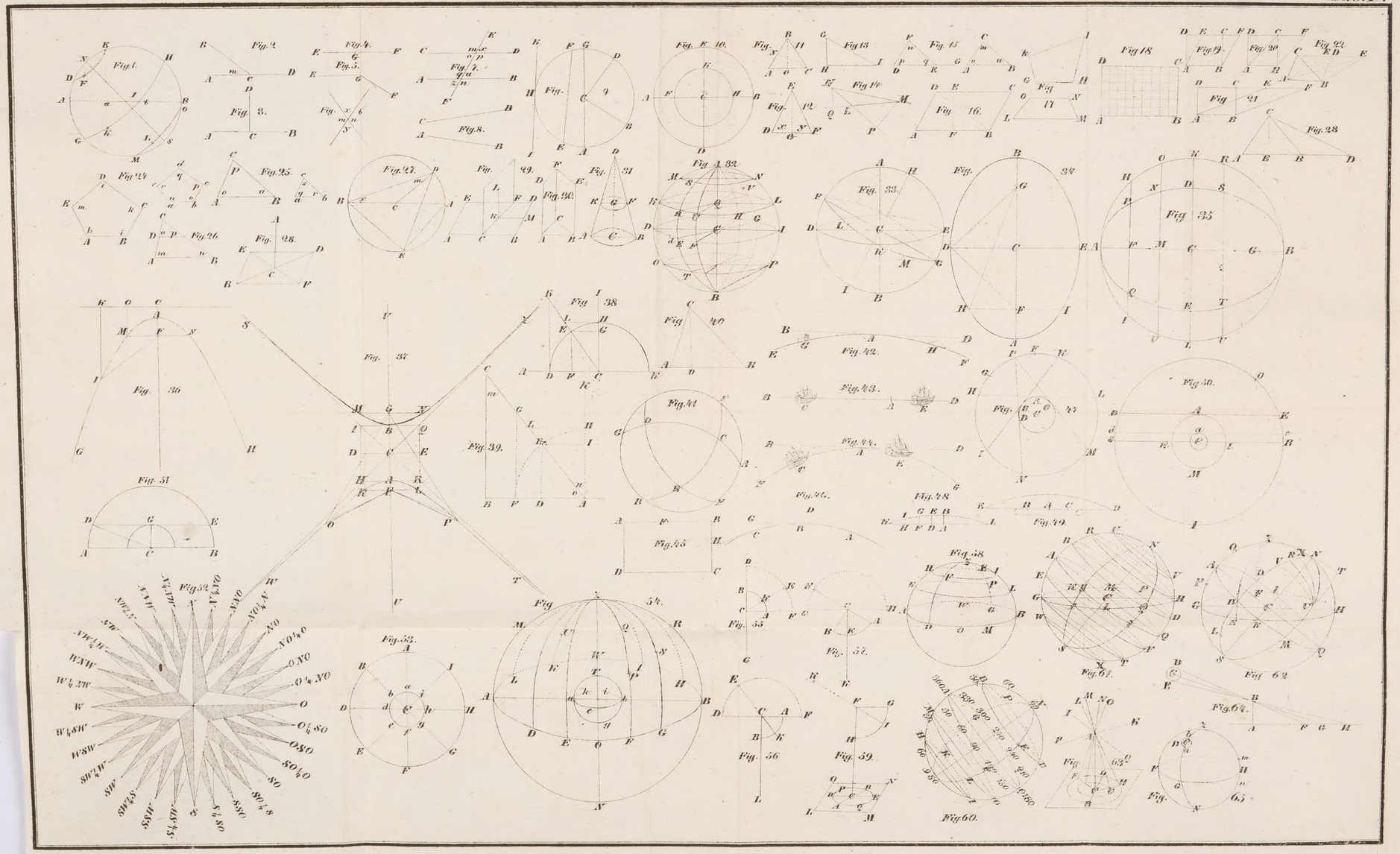


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16.
Fig. 17
Fig. 18
Fig. 19.
Fig. 20
Fig. 21
Fig. 22
Fig. 23
Fig. 24
Fig. 25.
Fig. 26.
Fig. 27.
Fig. 28.
Fig. 29.
Fig. 30.
Fig. 31
Fig. 32
Fig. 33.
Fig. 34
Fig. 35
Fig. 36
Fig. 37
Fig. 38
Fig. 39.
Fig. 40
Fig. 41
Fig. 42.
Fig. 43.
Fig. 44.
Fig. 45
Fig. 46.
Fig. 47
Fig. 48
Fig. 49.
Fig. 50.
Fig. 51
Fig. 52.
Fig. 53.
Fig. 54.
Fig. 55
Fig. 56
Fig. 57.
Fig. 58
Fig. 59
Fig. 60.
Fig. 61.
Fig. 62
Fig. 63
Fig. 64.
Fig. 65

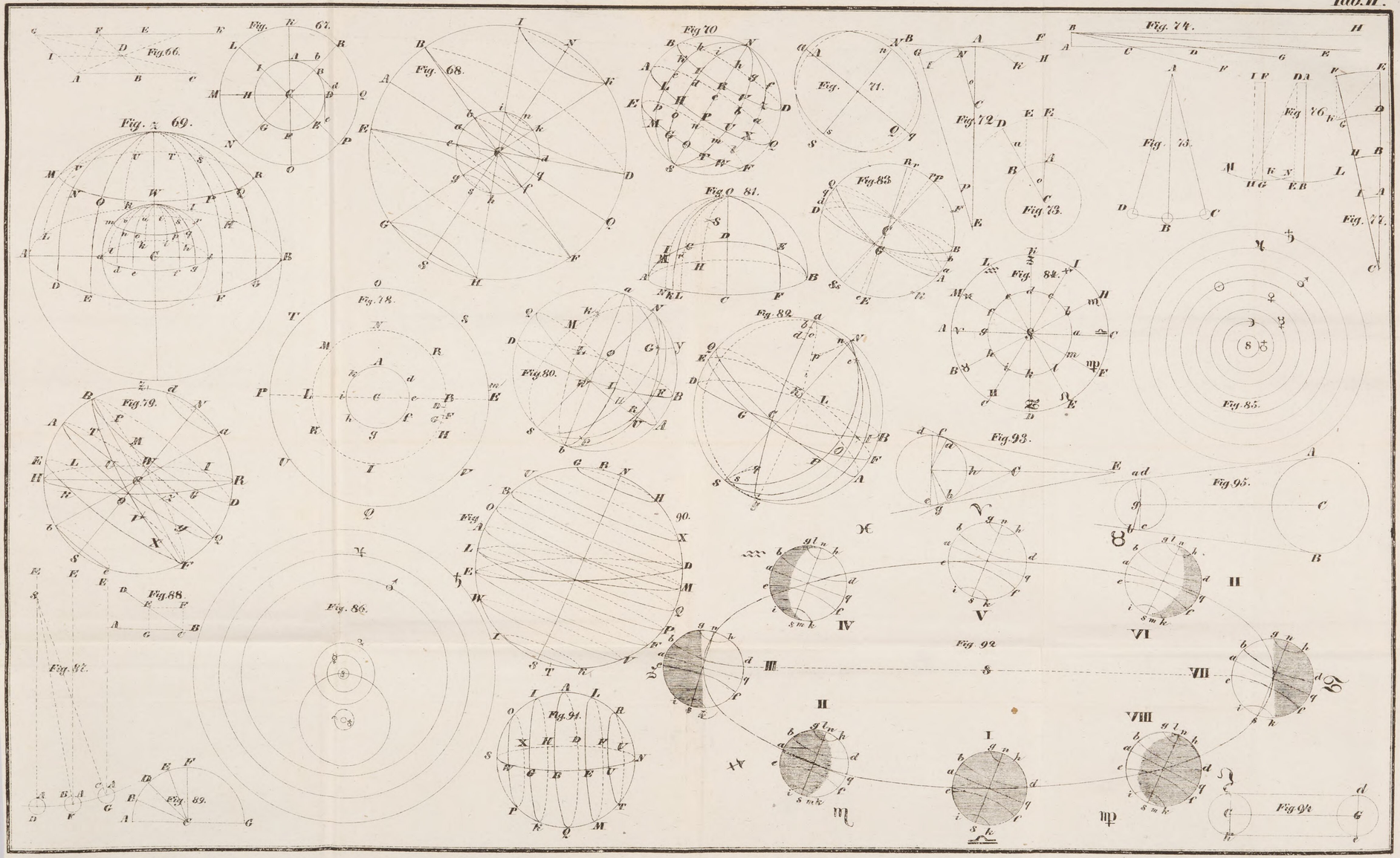


Fig. 66.
Fig. 67.
Fig. 68.
Fig. 69.
Fig. 70
Fig. 71.
Fig. 72
Fig. 73.
Fig. 74.
Fig. 75.
Fig. 76
Fig. 77.
Fig. 78.
Fig. 79.
Fig. 80.
Fig. 81.
Fig. 82.
Fig. 83.
Fig. 84.
Fig. 85.
Fig. 86.
Fig. 87.
Fig. 88
Fig. 89.
Fig. 90.
Fig. 91.
Fig. 92
Fig. 93.
Fig. 94.
Fig. 95.
Fig. 96.

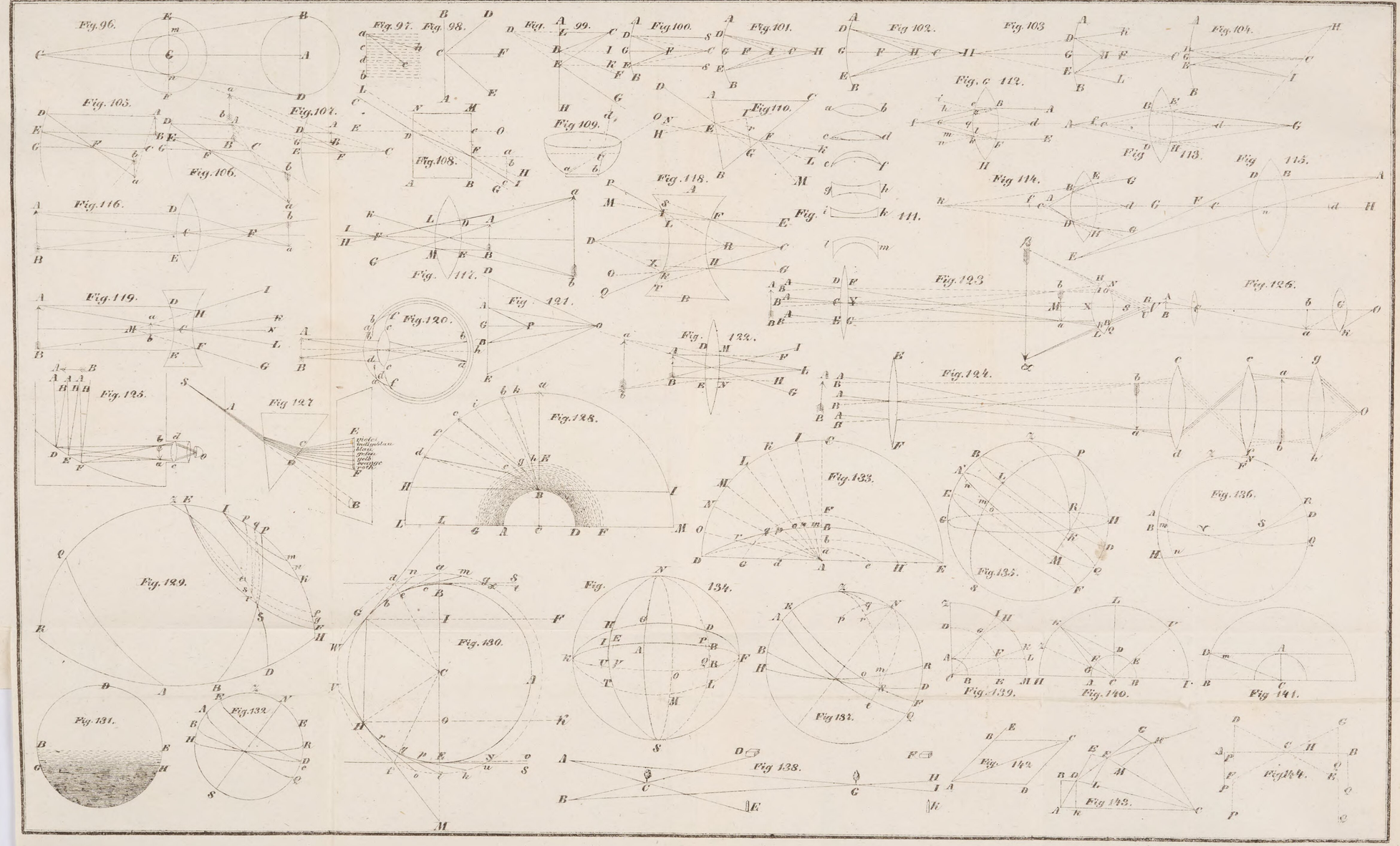
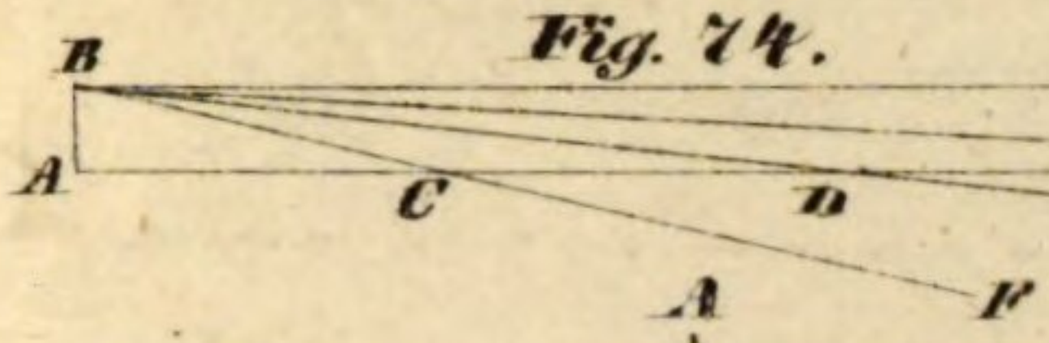


Fig. 96.
Fig. 97.
Fig. 98.
Fig. 99.
Fig. 100.
Fig. 101.
Fig. 102.
Fig. 103
Fig. 104.
Fig. 105.
Fig. 106.
Fig. 107.
Fig. 108.
Fig. 109.
Fig. 110.
Fig. c 112.
Fig. 113.
Fig. 114.
Fig. 115.
Fig. 116.
Fig. 117.
Fig. 118.
Fig. i 111.
Fig. 119.
Fig. 120.
Fig. 121.
Fig. 122.
Fig. 123.
Fig. 124.
Fig. 125.
Fig. 126.
Fig. 127
violet
indigoblau
blau
grün
gelb
orange
roth
Fig. 128.
Fig. 129.
Fig. 130.
Fig. 131.
Fig. 132.
Fig. 133.
Fig. 134.
Fig. 135.
Fig. 136.
Fig. 137.
Fig. 138.
Fig. 139.
Fig. 140.
Fig. 141.
Fig. 142.
Fig. 143.
Fig. 144.

Tab. II.

Fig. 74.



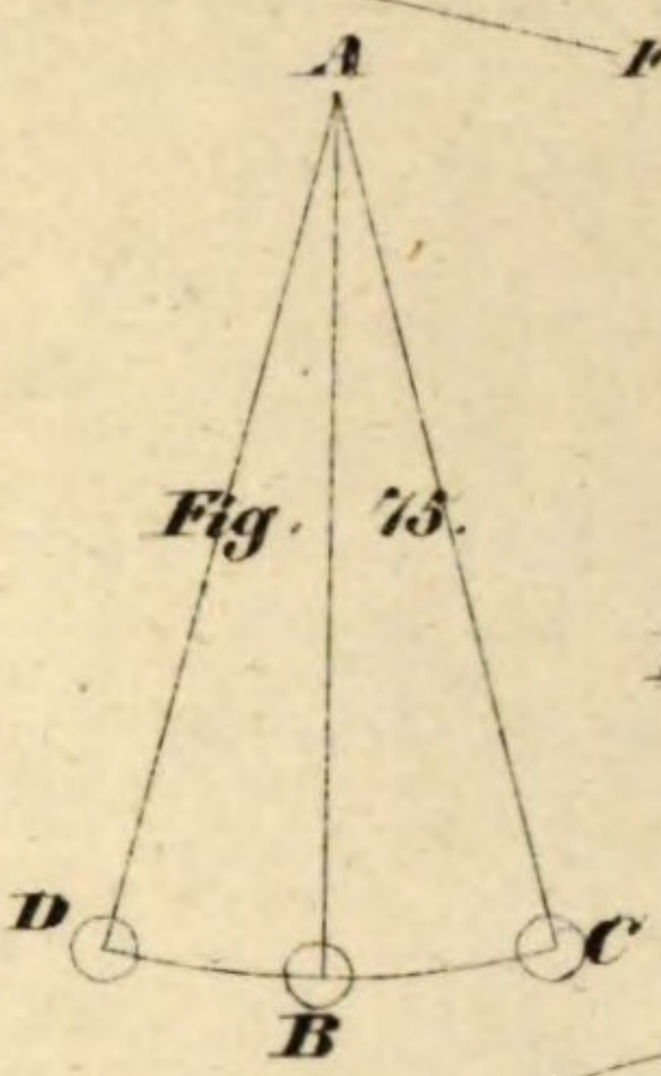


Fig. 73.

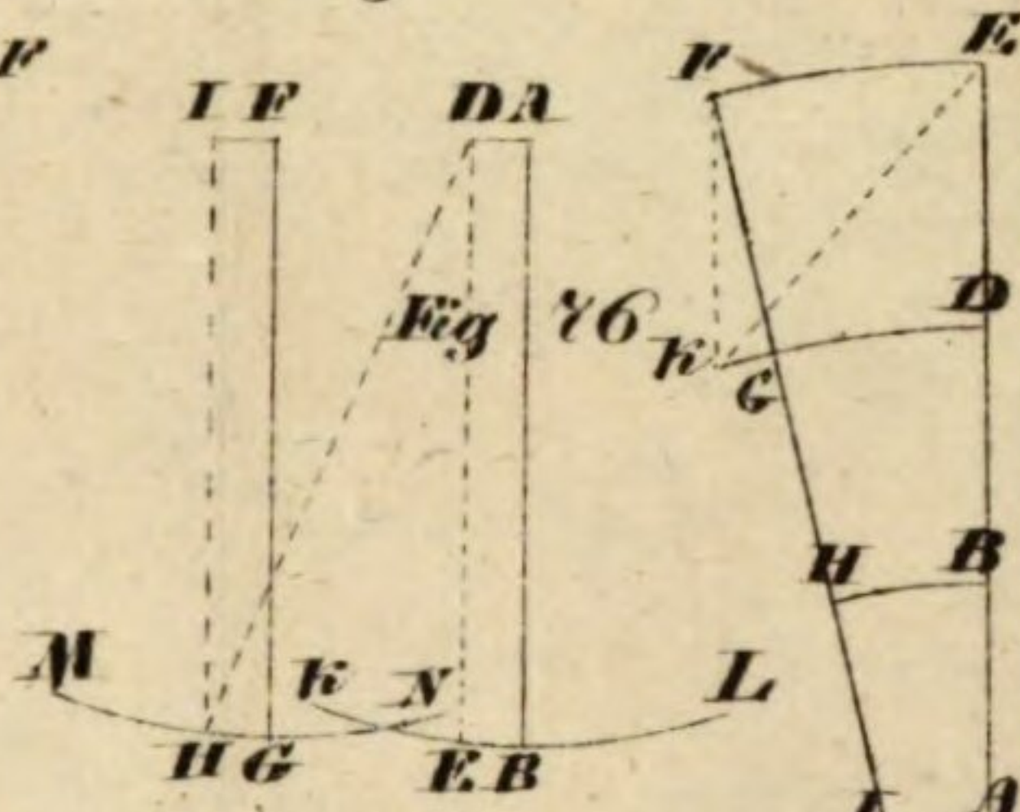


Fig. 76.

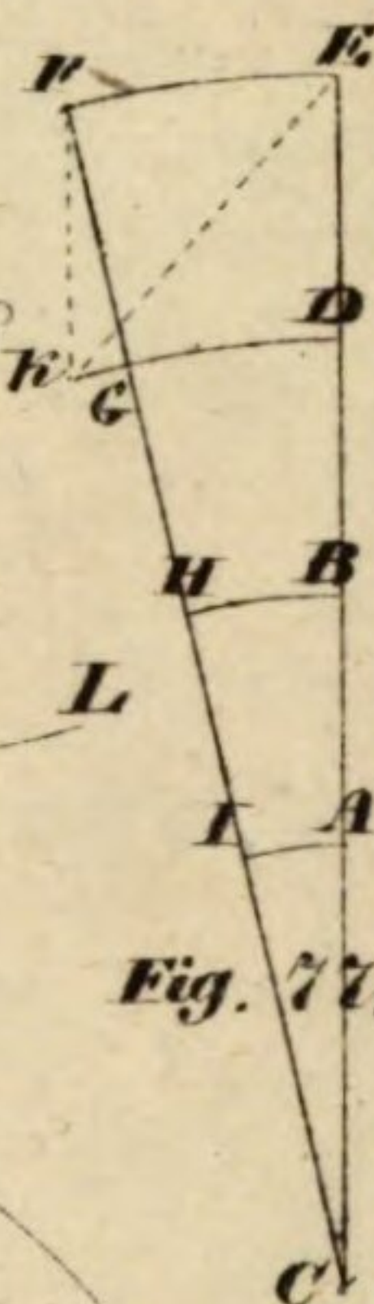
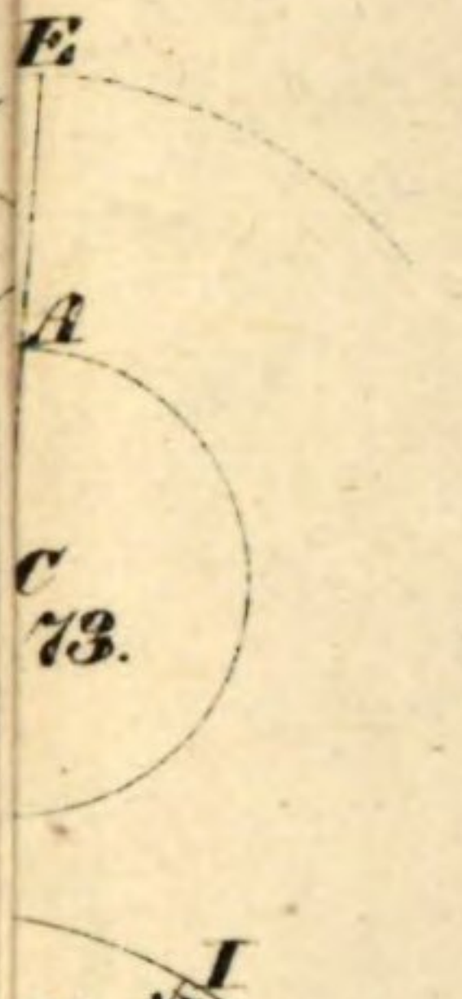
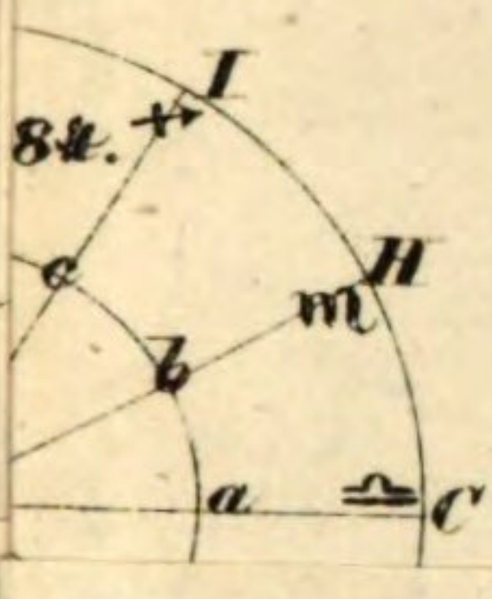


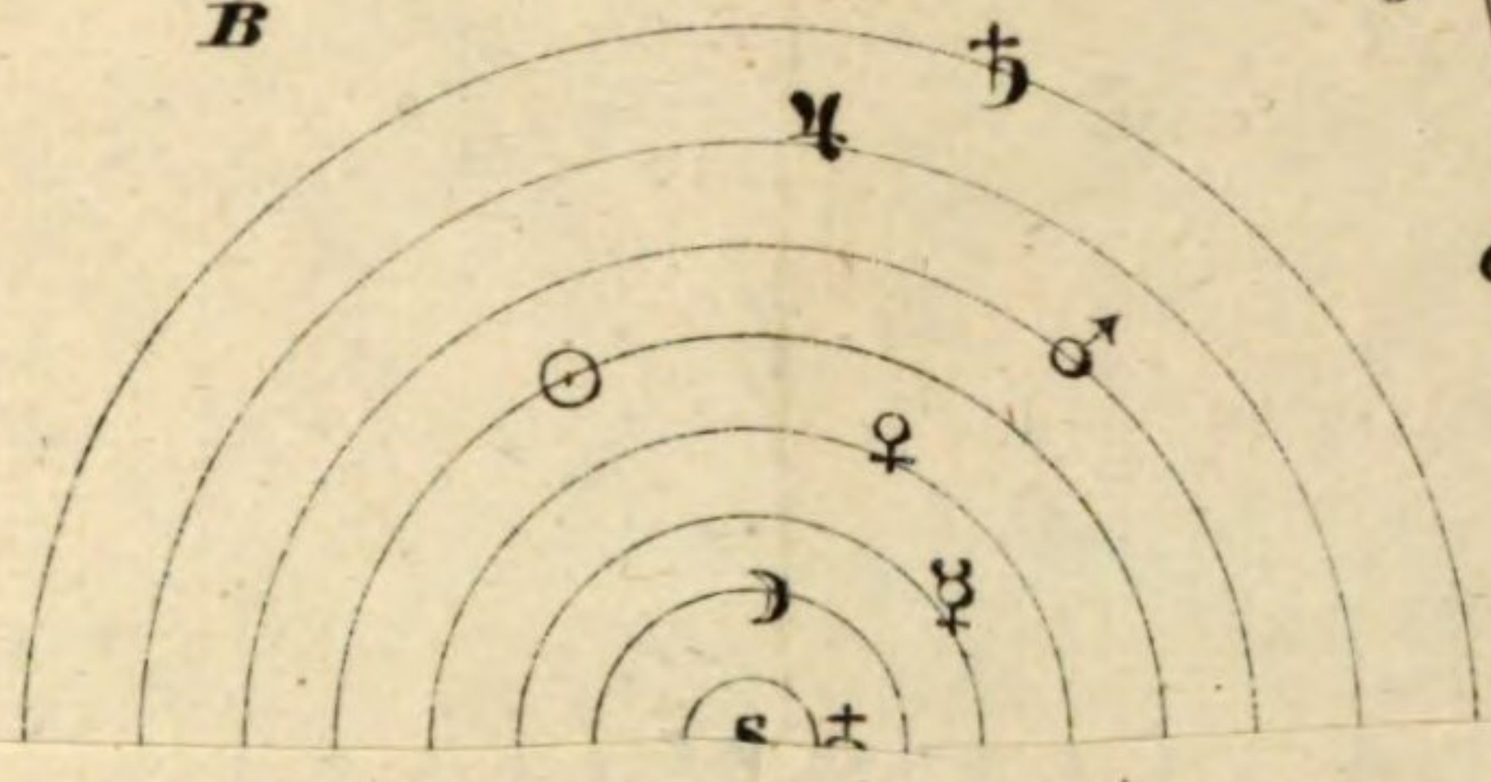
Fig. 77.



73.



84.



A
K
D
G
H
F
C
E
L
B
Fig. 104.
A
H
D
G
C
E
I
B
A
E'
B
f
c
d
G
D
H
Fig 113.
E
G
B
A
d
G
F
C
d
H
D
G
H
E
Fig 115.
D
B
A
n
H
N
b
O
M
X
S
R
A
B
C
b
G
O
a
B
Q
Fig. 126.

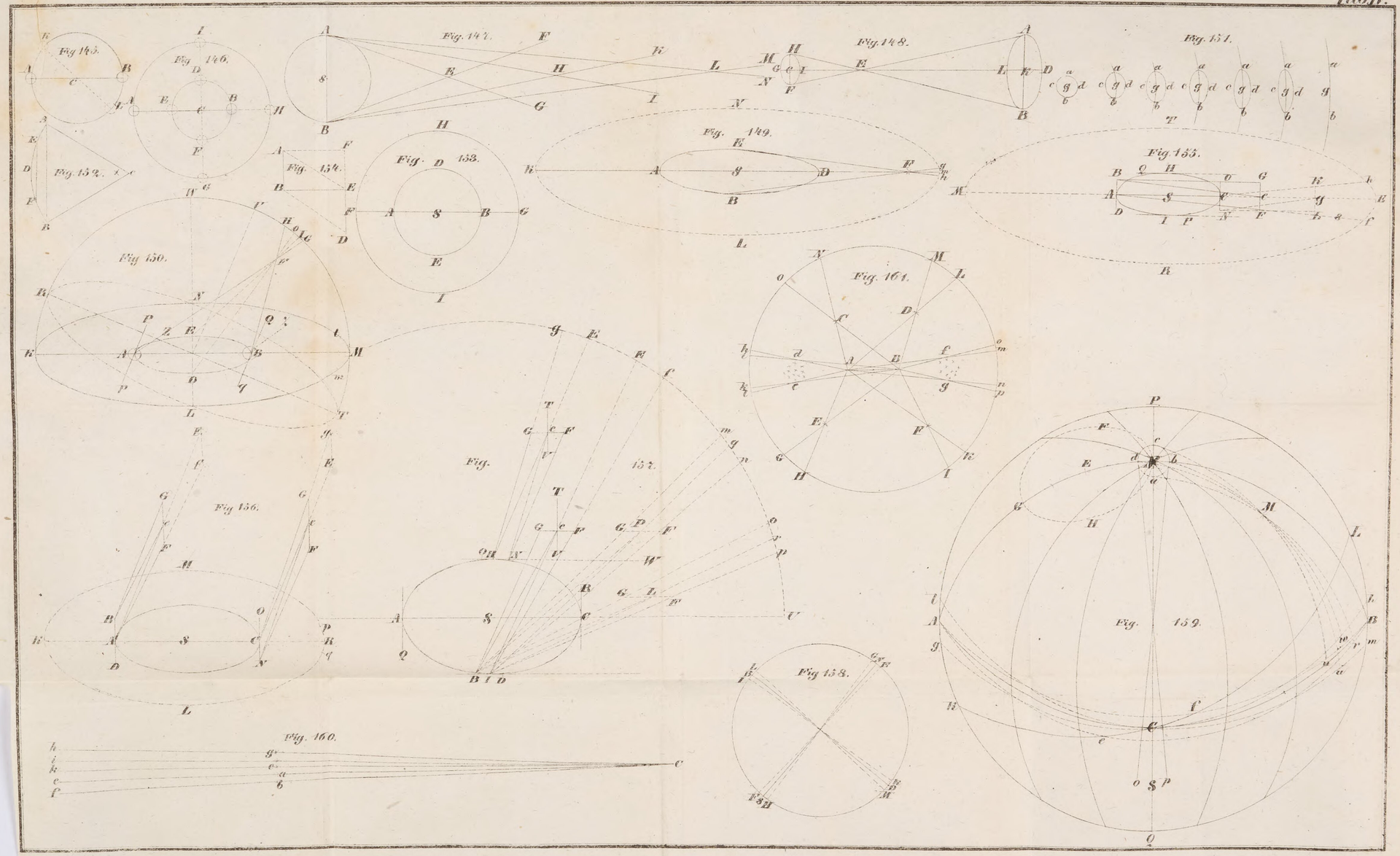
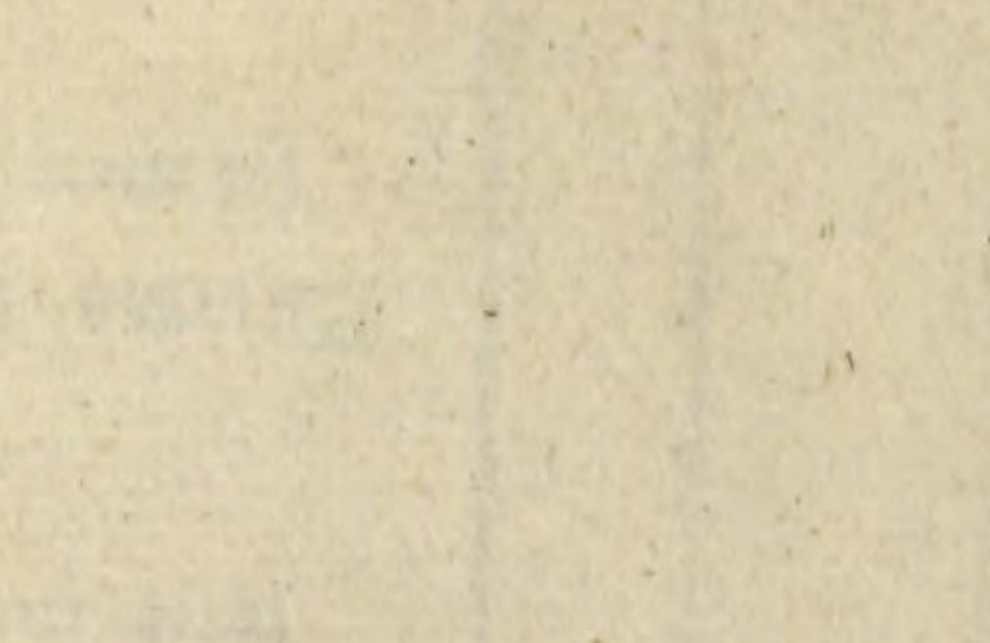


Fig. 145.
Fig. 146.
Fig. 147.
Fig. 148.
Fig. 151.
Fig. 152.
Fig. 153.
Fig. 154.
Fig. 149.
Fig. 155.
Fig. 150.
Fig. 161.
Fig. 156.
Fig. 157.
Fig. 158.
Fig. 159.
Fig. 160.



BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Richter, Johann Andreas Lebrecht,

Handbuch der populären Astronomie für die gebildeten Stände insbesondere fü
r denkende, wenn auch der Mathematik nur wenig oder gar nicht kundige
Leser
Bd.: 1

Quedlinburg [u.a.] (1831)

Astr.u. 139 m-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10061089-8